

UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD LYON 1

U.E.R. MEDECINE LYON-NORD

Année 1976 - N° 184

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES CAUSES DE LA MORT
DANS LES ACCIDENTS DU TRAFIC AUTOMOBILE

THESE

PRÉSENTÉE

à l'Université Claude-Bernard - LYON 1
et soutenue publiquement le 21 Mai 1976
pour obtenir le grade de DOCTEUR EN MEDECINE

par

SIVARD Jacques

né le 19 Juillet 1946

à LYON 2ème - Rhône

29

UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD LYON 1

U.E.R. MEDECINE LYON-NORD

Année 1976 - N°

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES CAUSES DE LA MORT
DANS LES ACCIDENTS DU TRAFIC AUTOMOBILE

THESE

PRÉSENTÉE

à l'Université Claude-Bernard - LYON 1
et soutenue publiquement le 21 Mai 1976
pour obtenir le grade de DOCTEUR EN MEDECINE

par

SIVARD Jacques

né le 19 Juillet 1946

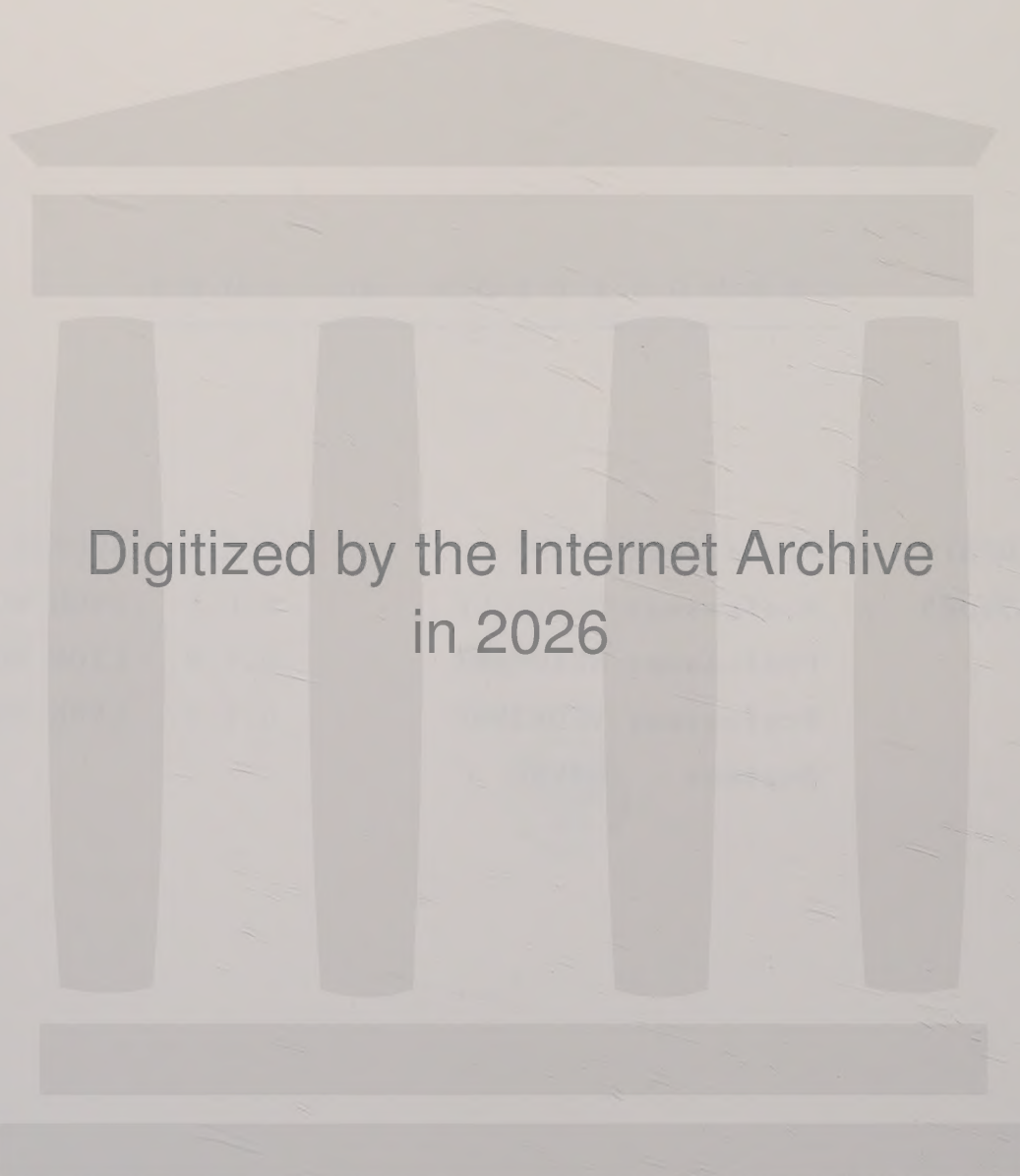
à LYON 2ème - Rhône



THESE DE M. SIVARD Jacques

C O M P O S I T I O N d u J U R Y

PRESIDENT	:	Professeur ROCHE	U.E.R.	ALEXIS CARREL
ASSESSEURS	:	Professeur GOUTELLE	U.E.R.	LYON NORD
		Professeur NEIDHART	U.E.R.	LYON NORD
		Professeur VEDRINNE	U.E.R.	LYON NORD
		Docteur DAVID		



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553614_0031

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I
U.E.R. MEDECINE LYON-NORD

8, Avenue Rockefeller
69373 LYON CEDEX 2

TABLEAU DU PERSONNEL DE L'UNIVERSITE

Président de l'Université : Professeur D. GERMAIN

Premier Vice-Président : Professeur E. ELBAZ

Deuxième Vice-Président :

Troisième Vice-Président :

Secrétaire Général : M. RAMBAUD

UNITES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE DE L'UNIVERSITE

MEDECINE Grange-Blanche : Directeur : Docteur SALLE (M.C.A.)
Alexis Carrel : Directeur : Professeur C. GIROD
Sud-Ouest : Directeur : Professeur J. ROBERT
Lyon-Nord : Directeur : Professeur J.P. GARIN
Directeur Honoraire : Professeur A. BERTOYE

BIOLOGIE HJMAINE : Directeur : Professeur J.C. CZYBA

TECHNIQUES DE READAPTATION : Directeur : Docteur MORGON A. (M.C.A.)

SCIENCES PHARMACEUTIQUES : Directeur : Professeur ODDOUX

SCIENCES ODONTOLOGIQUES : Directeur : Docteur R. VINCENT

INSTITUT REGIONAL D'EDUCATION PHYSIQUE et SPORTIVE :

Président du Conseil de l'U.E.R. : Professeur R. GUILLET
Directeur : M. MILLON A.

MATHEMATIQUES : Directeur : Professeur BUCHWALTER

PHYSIQUE : Directeur : Professeur R. UZAN

CHIMIE et BIOCHIMIE : Directeur : Professeur J. BRUN

SCIENCES PHYSIOLOGIQUES : Directeur : M. FONTANGES R. (M.C.A.)

INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE N° 1 : Directeur : Professeur
POUYET B.

INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE N° 2 : Directeur : J. GALLET
Directeur E.N.S.A.M.

OBSERVATOIRE : Directeur : Professeur BIGAY J.H.

PHYSIQUE NUCLEAIRE : Directeur : Professeur SARAZIN A.

MECANIQUE : Directeur : Professeur MATHIEU J.

A MES PARENTS

Avec mon affectueuse reconnaissance

A MES GRANDS PARENTS

A MICHELLE ET JEAN-CLAUDE

A NOTRE PRESIDENT DE THESE :

Monsieur le PROFESSEUR L. ROCHE

Il nous a fait le grand honneur d'accepter la
présidence de notre jury.

Qu'il soit assuré de notre gratitude et de
notre profond respect.

A NOS JUGES :

Monsieur le Professeur Agrégé A. GOUTELLE,

Un semestre passé dans son service nous a permis d'apprécier la clarté de son enseignement. Qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde reconnaissance.

Monsieur le Professeur Agrégé J.H. NEIDHART,

L'étendue de son savoir et sa curiosité scientifique l'ont fait s'intéresser à la pathologie du trafic et à la biomécanique.

Nous espérons que ce travail ne le decevra pas.

Monsieur le Professeur Agrégé J. VEDRINNE,

Nous avons eu l'occasion d'apprécier ses profondes qualités humaines.

Nous l'assurons de notre respectueuse reconnaissance.

A MONSIEUR LE DOCTEUR DAVID

Il a bien voulu nous inspirer le sujet de cette thèse, et grâce à son dynamisme, il nous a guidé et conseillé au cours de sa réalisation. Qu'il en soit ici remercié.

Nous remercions ici Monsieur le Procureur de la République
près le Tribunal de Grande Instance de Lyon, ainsi que
Monsieur MALLET, Substitut du Procureur qui ont bien voulu
considérer l'utilité de cette recherche et nous donner toutes
possibilités pour l'effectuer.

Au Laboratoire des Chocs et de Biomécanique de
L'O.N.S.E.R.

pour l'aide technique qu'il a bien voulu nous
accorder.

A Madame le Docteur RAMET et à Monsieur D. CESARI,
Chargés d'Etudes à l'O.N.S.E.R.

pour leur amicale et efficace collaboration.

P L A N

1. INTRODUCTION

2. DONNEES GENERALES

2.1. Données concernant les occupants

2.1.1. Répartition en fonction du sexe

2.1.2. Répartition selon l'âge

2.1.3. Répartition en fonction des places occupées

2.1.4. Problème du port de la ceinture de sécurité

2.1.5. Horaires et lieux des accidents

2.1.6. Influence de l'alcoolémie des occupants

2.2. Données générales concernant les véhicules

2.2.1. Nature des véhicules impliqués

2.2.1. Répartition selon les directions de choc

2.2.3. Nature et répartition des obstacles

2.2.4. Appréciation de la violence des chocs

2.2.5. L'éjection

3. NATURE ET FREQUENCE DES LESIONS

3.1. Méthodologie

3.2. Lésions externes

3.2.1. Généralités

3.2.2. Répartition des lésions externes

3.2.2.1. Lésions de la face

3.2.2.2. Lésions thoraciques externes

- 3.2.2.3. Lésions externes de l'abdomen
- 3.2.2.4. Lésions du membre inférieur
- 3.2.2.5. Lésions du membre supérieur
- 3.2.2.6. Mise en évidence de corps étrangers

3.3. Lésions internes

3.3.1. Généralités

3.3.2. Répartition des lésions internes

3.3.2.1. Lésions crânio-encéphaliques

3.3.2.2. Lésions de la colonne vertébrale

3.3.2.2.1. Répartition des lésions

3.3.2.2.2. Etude des directions de choc ayant créé ces lésions étude des mécanismes

3.3.2.3. Les lésions thoraciques

3.3.2.3.1. Les lésions du cadre osseux thoracique

3.3.2.3.2. Lésions des viscères endothoraciques Lésions du coeur et des gros vaisseaux

3.3.2.4. Lésions abdominales

3.3.2.4.1. Les lésions de l'abdomen thoracique

3.3.2.4.1. Lésions abdominales basses

3.3.2.5. Lésions du bassin

3.3.2.5. Lésions des membres

3.4. Etude des lésions présentées par les sujets morts immédiatement

3.4.1. Généralités

3.4.2. Nature et répartition des lésions immédiatement mortelles

3.5. Etude des lésions présentées par les sujets décédés secondairement

4. CORRELATION VEHICULE - OCCUPANT

4.1. Généralités - Moyens d'étude

4.2. Eléments à l'origine des lésions

4.2.1. Généralités

4.2.2. Eléments à l'origine des lésions crânio-cérébrales

4.2.2.1. Eléments appartenant à l'habitacle

4.2.2.2. Eléments extérieurs à l'habitacle

4.2.3. Eléments à l'origine des lésions cervicales

4.2.3.1. Lésions sans impact direct

4.2.3.2. Eléments intérieurs à l'habitacle

4.2.3.3. Eléments extérieurs à l'habitacle

4.2.4. Eléments à l'origine des lésions du thorax

4.2.4.2. Eléments extérieurs à l'habitacle

4.2.5. Eléments à l'origine des lésions de la colonne dorso-lombaire

4.2.5.1. Lésions par éjection

4.2.5.2. Autres mécanismes

4.2.6. Eléments à l'origine des lésions de l'abdomen et du bassin

4.2.6.1. Eléments de l'habitacle

4.2.6.2. Eléments extérieurs à l'habitacle

4.2.7. Lésions des membres inférieurs

4.2.7.1. Lésions de la partie proximale des membres inférieurs

4.2.7.1.1. Eléments de l'habitacle

4.2.7.1.2. Eléments extérieurs à l'habitacle

4.2.7.2. Lésions de la partie distale des membres inférieurs

4.2.8. Lésions des membres supérieurs

4.3. Conclusion

5. ETUDE A PRIORI

5.1. Définition - Généralités

5.2. Choix de l'échantillon - Méthodologie

5.3. Etude à priori des systèmes susceptibles d'être efficaces en choc frontal

5.3.1. Les lésions crânio-cérébrales

5.3.2. Les lésions du thorax

5.3.3. Lésions de la colonne cervicale

5.3.4. Lésions du bassin et de l'abdomen

5.3.5. Lésions graves du membre inférieur

5.3.6. Conclusion

5.4. Etude à priori des systèmes susceptibles d'être efficaces en choc latéral

5.4.1. Les lésions crânio-encéphaliques

5.4.2. Les lésions du thorax

5.4.3. Lésions de la colonne cervicale

5.4.4. Lésions du bassin et de l'abdomen

5.4.5. Quels bénéfices auraient apporté ces aménagements en choc latéral

5.5. Etude à priori des systèmes susceptibles d'être efficaces lors des retournements

5.6. Etude à priori des systèmes susceptibles de diminuer la gravité de l'éjection

5.7. Conclusion

6. CONCLUSIONS

1. INTRODUCTION

1. INTRODUCTION

" Devant le nombre considérable d'accidents de la rue, on peut se demander quelles en sont les causes...". Ainsi s'interroge E.M. OGILIASTRONI dans une publication des statistiques de la Morgue de Lyon (1920-1940). Une des réponses proposées évoque : "... le nombre toujours croissant de véhicules automobiles, quelquefois l'incapacité des conducteurs, et la vitesse toujours croissante des véhicules...".

L'importance du problème est donc une découverte déjà ancienne. Le nombre des décès par accidents de la rue sur cette période de 20 ans - soit quarante - semble si considérable à l'auteur que celui-ci préconise déjà des mesures prophylactiques telles la limitation de vitesse, le balisage des rues, l'augmentation des transports en commun... mesures peu appliquées ou inefficaces semble-t'il, puisque de nos jours, l'accident du trafic représente, dans tous les pays de haute technicité, une des causes principales de la mort.

En effet, si on considère la population dans son ensemble, l'accident de la route ne représente que la troisième - par ordre d'importance - des causes de décès. Il devient par contre le facteur principal de décès en ce qui concerne les individus de moins de 35 ans. C'est dire son rôle désastreux pour une communauté ainsi amputée d'une fraction importante de son potentiel intellectuel et actif.

Les statistiques publiées par le S.E.T.R.A. nous permettent d'avoir une idée précise de l'importance du phénomène. En 1972, sur l'ensemble du territoire français, 532 431 personnes occupant un véhicule à quatre roues ont été impliquées dans un accident du trafic ; si 302 829 individus sont sortis indemnes de l'accident, 229 602 ont subi des blessures légères ou graves et 9 384 personnes sont décédées, soit immédiatement, soit dans les six jours suivant l'accident.

En ce qui concerne la région Rhône-Alpes, rappelons qu'elle représente 9 % de la population française, 8 % du territoire, 8 % du réseau routier national, 9,5 % du parc automobile mais 11 % du trafic ; enfin, elle participe pour 8 % des accidents corporels, mais pour 9 % des tués, l'importance relative de l'indice de gravité étant à rapporter au degré d'urbanisation élevé de la région.

Ainsi a-t'on pu relever en 1972 les chiffres suivants :

- blessés légers	21 463
- blessés graves	10 336
- tués	1 502

En 1973, les chiffres sont en légère baisse :

- blessés légers	19 484
- blessés graves	9 710
- tués	1 474

La gravité de cette épidémie a justifié la mise en route dans le monde entier de recherches concernant la sécurité routière. Leur but est double, d'une part améliorer la connaissance des mécanismes de survenue des accidents et de leur conséquences sur les individus, d'autre part mettre en place des mesures prophylactiques.

- Ces études sont entreprises a deux niveaux : soit il s'agit de prendre en considération les facteurs physiques - conditions météorologiques, état des routes - techniques (signalisation, état des véhicules) et éventuellement psychologiques (comportement des usagers) de survenue des accidents de la route c'est le domaine de la sécurité primaire.

- Soit encore il s'agit d'étudier, l'accident ayant eu lieu, ses conséquences au niveau des personnes et des véhicules et de tenter de mettre en relation les paramètres afférant au véhicule, et les lésions présentées par les occupants, on parle alors de sécurité secondaire.

De nombreuses études concernant soit la sécurité primaire, soit la sécurité secondaire, soit le plus souvent mixtes, ont été entreprises. Elles permettent de préciser les thèmes de recherche fondamentale en sécurité routière et débouchent sur la mise en place de réglementations et de normes.

- Parmi les travaux les plus importants, on peut citer l'enquête réalisée par les chercheurs de l'Université de Birmingham, enquête mixte avec équipes de garde en permanence intervenant " on the field ".

Cette équipe a publié une étude des causes de la mort dans 530 accidents ayant entraîné 59 décès.

- En Angleterre toujours, l'étude de GISSANE peut paraître comporter un trop fort pourcentage d'éjections.

- En Allemagne un travail très important a été publié par le Pr. GOGLER (23), portant sur 5 000 personnes victimes d'accidents de la route, hospitalisées à la clinique chirurgicale universitaire de Heidelberg. Cette étude, exclusivement médicale au début, est devenue grâce à l'appui technique de V.W. une enquête de type bidisciplinaire.

- Les constructeurs automobiles sont en effet souvent les instigateurs de recherches de ce type ; ainsi la firme VOLVO a conduit une étude portant sur 2800 accidents impliquant des occupants porteurs de ceintures de sécurité.

- Au Portugal le Pr. NUNES (46) a réalisé un travail portant sur un nombre élevé de décès dus aux accidents du trafic, avec étude des causes de la mort, sans cependant que l'autopsie des victimes ait été pratiquée.

C'est aux Etats-Unis que la recherche en matière de sécurité routière est la plus active et les publications les plus nombreuses.

- Le pr. D. HUELKE (26-27) de l'Université de Michigan, étudie les accidents fatals " on the field " un rapport concernant 136 victimes, rappelle la gravité de l'éjection (28 % des cas), précise quels éléments du véhicule sont susceptibles de créer des lésions et tente une étude à priori des dispositifs capables de diminuer la mortalité des accidentés du trafic.

- Plus spécifiquement médicaux et s'appuyant sur des constatations autopsiques, les travaux de WOODWARD (67) à l'Université de Virginie, ceux de l'Institut Médico-Légal de Boston et également l'étude de PERRY et Mc CLELLAN (54) à l'Université de Minnesota mettent en évidence la fréquence des lésions classiquement peu mentionnées dans les causes de la mort par accident du trafic, à savoir les lésions des viscères endothoraciques ou abdominaux, les fractures de la colonne vertébrale.

L'enquête conduite par MOSELEY (41) psychologue à Harvard est plus remarquable dans sa forme : l'équipe de chercheurs est véritablement multidisciplinaire.

Un groupe " opérationnel " composé d'un mécanicien, d'un ingénieur routier et d'un biomécanicien recueille sur les lieux de l'accident toutes les données susceptibles de permettre la compréhension des mécanismes de l'accident ; ces données sont exploitées secondairement par une équipe comprenant outre un interniste, un psychiatre et un psychologue, un sociologue, un statisticien, un juriste et même un homme d'église... Les résultats de cette enquête ne nous ont pas paru aussi révolutionnaires que les méthodes.

En France également, la sécurité routière fait l'objet de nombreuses études.

CASTANG (9) (thèse 1956) développe une publication du Pr. BOURRET concernant l'étude des lésions et de leurs mécanismes, au cours de 100 accidents impliquant 128 véhicules et 277 occupants.

Ce type de recherche se poursuit actuellement, patronée par l'O.N.S.E.R. dans le service du Pr. BOURRET (3) à Salon-de-Provence. Cette équipe enquête sur les lieux de l'accident, l'enquêteur étant en relation, au moyen d'un radio-téléphone, avec l'antenne chirurgicale qui assure le ramassage de la presque totalité des accidentés du trafic hospitalisés à Salon.

Une équipe bidisciplinaire fonctionne également dans la région parisienne, sous la responsabilité technique de l'association Peugeot-Renault, en collaboration avec le Pr. PATEL dans le service du Pr. JUDET à l'hôpital R. Poincaré de GARCHES. Cette équipe s'appuie plus particulièrement sur les services de police qui lui fournissent renseignements et photos recueillis sur les lieux de l'accident.

L'Organisme National de Sécurité Routière possède sa propre équipe d'enquête bidisciplinaire. Les informations nécessaires au départ de l'enquête sont recueillies auprès des blessés hospitalisés dans le service du Pr. LIARAS ou auprès des blessés seulement examinés et pansés dans le service de Porte (Docteur ARCADIO).

Cette enquête se poursuit pas l'examen des véhicules, puis grâce aux services de police, par l'examen des lieux et des circonstances de l'accident. Ce travail n'est possible que grâce à la collaboration de la Justice : en effet, Monsieur le Procureur du Rhône renouvelle annuellement son accord pour la poursuite d'une telle enquête.

De même, grâce à l'accord de Monsieur le Procureur et à la collaboration active du Laboratoire de Médecine Légale (Pr. ROCHE - Pr. DAVID - Pr. VEDRINNE...) il a été permis à l'équipe d'enquête de l'O.N.S.E.R. de compléter son étude par la recherche des causes de mort immédiate dans les accidents du trafic.

En effet, les recherches dans le domaine de l'étude des accidents du trafic sont nombreuses et les méthodologies variées. La recherche de la cause de la mort dans les accidents de la route n'est pas une attitude systématique, et en particulier la vérification anatomique n'est pas généralement pratiquée. Ceci explique que la cause de mort la plus généralement admise demeure l'atteinte crânio-encéphalique alors que l'autopsie systématique révèle la fréquence des lésions thoraciques et surtout endothoraciques qui seront souvent à l'origine du décès.

Ce travail aura pour point de départ les constatations faites à l'autopsie de 100 personnes décédées à la suite d'accidents de la route. Pour la presque totalité de ces cas, les circonstances de l'accident sont connues et les véhicules ont été inventoriés.

Le matériel nécessaire à cette étude nous a été fourni d'une part par l'Institut Médico-Légal qui a pratiqué les autopsies à la demande de l'O.N.S.E.R., d'autre part par l'O.N.S.E.R. lui-même qui mène actuellement une enquête bidisciplinaire dont les modalités sont les suivantes :

cette enquête s'intéresse à tous les accidentés de la route occupants d'un véhicule à quatre roues. Le point de départ est inhabituel ; il est constitué par l'individu accidenté lui-même. Le médecin de l'équipe se rend ainsi tous les matins au service d'urgence de l'hôpital Edouard Herriot, recherche les blessés de la route et recueille toutes les informations possibles à leur sujet, d'une part les lésions dont ils sont porteurs, d'autre part les renseignements concernant le véhicule et l'accident, ces derniers sont transmis à l'équipe technique composée d'un ingénieur et de deux techniciens qui se rendent sur les lieux de l'accident et recherchent le ou les véhicules.

Les informations recueillies sont mises en commun et l'étape suivante consiste en une réflexion commune sur la cinématique des voitures lors de l'accident et celle des passagers pendant le choc les forces mises en jeu lors de la collision et également sur une étude des systèmes à priori susceptibles de diminuer la gravité des lésions.

En ce qui concerne les victimes de la route, objet de ce travail, le point de départ peut être encore le service d'urgence de l'hôpital qui a constaté le décès, parfois aussi ces victimes sont transportées directement à l'Institut Médico-Légal.

Après avoir obtenu l'accord du Procureur de la République, les autopsies sont pratiquées et les rapports transmis à l'O.N.S.E.R.

Les renseignements concernant le lieu et les circonstances de l'accident sont dans ces cas fournis par les services de Police, et l'équipe technique opère comme précédemment.

- Il faut citer également les recherches fondamentales concernant la tolérance des différents segments corporels : c'est le domaine de la biomécanique.

Ainsi GURDJIAN (20) s'est particulièrement penché sur le problème des résistances des os du crâne.

Les tolérances du cadre osseux thoracique ont été étudiées particulièrement par PATRICK (51).

De même des recherches concernant les mécanismes des lésions des viscères endothoraciques ont été entreprises, CAMMACK (10) s'intéressant plus particulièrement aux lésions aortiques, BRIGHT (8) ALDMAN (1) étudiant les lésions du cœur.

Les conclusions de ces études sont difficiles à exploiter pour l'instant tant les méthodes et les modes d'expression des résultats chiffrés sont multiples.

2. DONNEES GENERALES

2. DONNEES GENERALES

Nous exposerons dans ce chapitre un certain nombre de données chiffrées concernant, d'une part les personnes impliquées, d'autre part les véhicules.

2.1. Données concernant les occupants

Cette étude concerne 100 individus décédés au cours d'un accident du trafic, occupant un véhicule à quatre roues et dont l'autopsie a été réalisée.

Ces personnes, impliquées dans 90 accidents, occupaient 93 véhicules, ce qui revient à dire que dans 3 cas, il y avait au moins une victime dans le véhicule antagoniste. Dans 7 cas, on a été amené à pratiquer l'autopsie de deux occupants d'un même véhicule.

2.1.1. Répartition en fonction du sexe

On retrouve une nette majorité d'occupants de sexe masculin, soit 79 hommes et 21 femmes. Le pourcentage d'impliqués de sexe masculin étant plus élevé que la moyenne générale.: on peut avancer une explication à ce phénomène ; un grand nombre des accidents étudiés sont survenus alors que le conducteur était seul dans le véhicule, et parmi ces cas (62), 59 conducteurs étaient de sexe masculin.

2.1.2. Répartition selon l'âge

L'éventail des âges est large puisque le plus jeune des individus décédés était âgé de 18 mois et le plus vieux de 70 ans. La représentation est maximum pour la classe d'âge allant de 20 à 30 ans.

L'examen de la courbe de répartition des âges (cf. 2 bis) montre une croissance rapide jusqu'à la tranche 20-30 ans. Les individus de moins de 18 ans sont très peu représentés (ce qui est encore explicable par l'importance du nombre d'occupants seuls, donc conducteurs, donc forcément âgés de plus de 18 ans).

La courbe décroît ensuite régulièrement, elle est en gros superposable à la courbe de répartition des âges des occupants impliqués dans les accidents du trafic. Il existe cependant un " plateau " pour les tranches d'âge 50 - 60 - 70 ans demeurant à un niveau supérieur à celui observé pour la courbe " tous accidents ". La moindre résistance aux traumatismes des individus de cette tranche d'âge explique la présence de ce plateau.

La moyenne d'âge relevée, sur les sujets de cette étude est de 36 ans.

2.1.3. Répartition en fonction des places occupées

Les sujets de cette étude étaient le plus souvent conducteurs du véhicule (62), 22 personnes étaient des passagers avant. Enfin dans douze cas, il s'agissait de passagers arrière. Dans 4 cas la place de l'occupant au moment de l'accident n'a pu être précisée.

(En particulier dans un cas, les occupants indemnes ont déclaré que l'individu décédé occupait une place arrière alors que les lésions présentées étaient typiques de choc contre le tableau de bord...).

On ne peut dire au vu de ces chiffres quelle place est la plus exposée, du fait de la forte proportion d'occupants seuls.

L'occupation moyenne des véhicules de cette étude est plus faible que celle de l'ensemble des véhicules circulant. Il semblerait donc que les occupants seuls courent plus le risque d'être impliqués dans un accident mortel (problème de la vigilance lors des trajets de nuit, comportement du conducteur " plus raisonnable" lorsqu'il y a des passagers). Cependant l'échantillon est trop réduit pour permettre une appréciation statistiquement valable.

2.1.4. Problème du port de la ceinture de sécurité

Sans vouloir apprécier ici l'efficacité des systèmes de contentions et en particulier celle de la ceinture de sécurité, (cette étude s'échelonnant sur plusieurs années, la réglementation ayant évolué, et l'indice d'utilisation des ceintures n'étant pas connu), nous pouvons relever que deux personnes seulement sur les cent individus décédés étaient porteuses de ceintures de sécurité et ceci dans des conditions particulières. En effet, dans un cas, il ne s'agissait pas d'un modèle de série, mais d'une réalisation du propriétaire du véhicule.

Le deuxième cas pose le problème de l'adaptation des systèmes à la morphologie des usagers ; la taille réduite (1m 50) de l'individu n'ayant pas permis le fonctionnement du système.

2.1.5. Horaires et lieux des accidents

Un tiers des accidents de cette étude s'est produit après 20 heures, ce qui est notablement supérieur à l'indice de fréquentation de nuit.

On peut donc avancer que le risque mortel est supérieur en conduite nocturne (problème de visibilité, de vigilance, non respect de la signalisation).

60 des accidents de cette série se sont produits en dehors d'une agglomération, 34 sont survenus en agglomération. Dans 6 cas, il n'a pas été possible de préciser le lieu de l'accident. Il s'agit dans ces cas, d'usagers décédés tardivement après transfert à LYON, en provenance d'un hopital périphérique.

L'enquête menée par l'O.N.S.E.R. étant axée essentiellement sur la sécurité secondaire, les renseignements concernant la survenue des accidents durant les jours ouvrés ou non n'ont pas été recueillis. Il n'a pas été possible à postériori de retrouver ces données.

Nous citerons à ce propos les chiffres publiés par le S.E.T.R.A. concernant l'année 1973, réunis sous forme du tableau suivant :

		En Agglo.	Hors Agglo.
TUES	Jours ouvrables	2,9	13,5
	Dimanches	3,7	14,0
BLESSES	Jours ouvrables	123,5	162,6
	Dimanches	153,4	206,8

Chiffres rapportés à 100 accidents corporels de la circulation.

Ce tableau met en évidence d'une part la gravité particulière des accidents hors agglomération, d'autre part la gravité accrue des accidents survenus les dimanches et jours fériés.

2.1.6. Influence de l'alcoolémie des occupants

Le dosage de l'alcoolémie a été pratiqué dans 60 cas. 24 sujets de cette étude n'ont pas subi cet examen : il s'agissait de personnes décédées tardivement.

On peut remarquer que cet examen ne présente pas d'intérêt majeur en ce qui concerne les occupants non conducteurs et particulièrement les enfants (encore qu'il semble que

dans un cas, la perte contrôle du véhicule soit due à l'état d'ivresse du passager avant.)

Les 60 examens pratiqués révèlent une indéniable imprégnation éthylique. En effet, si 16 alcoolémies étaient négatives :

30 étaient comprises entre 0 et 0,80 g
 6 étaient comprises entre 0,80 et 1,60 g
 8 étaient supérieures à 1,60 g, le chiffre maximum étant de 4 g.

Cette imprégnation a joué un rôle à la fois sur le risque d'accident, et également sur la capacité de résistance de l'individu.

Les résultats obtenus sont superposables à ceux d'une enquête réalisée par l'O.N.S.E.R. portant sur 7 500 conducteurs chez qui a été pratiqué un dosage de l'alcoolémie.

3 % des conducteurs présentaient une alcoolémie supérieure à 0,80 g ; ce chiffre s'élevant à 9 % pour la catégorie des conducteurs impliqués dans un accident corporel, et atteignant 15 % chez les conducteurs impliqués dans un accident mortel.

On peut donc ainsi évaluer à 12 % la réduction du nombre d'accidents mortels par an, obtenue par la réglementation du taux maximum d'alcoolémie.(49)

On peut noter également que seulement 1 % des conducteurs dont l'alcoolémie dépassaient 0,80 g étaient des femmes, que les taux sont variables en fonction de l'heure (maximum entre 23 h et 6 h du matin), en fonction de la région, et du degré d'urbanisation.

Enfin, il est à remarquer que 64 % des personnes interrogées n'admettent pas que l'ivresse diminue leurs possibilités, 5 % prétendant même être dans un " meilleur état général ".

2.2. Données générales concernant les véhicules

Il s'agit de 93 véhicules à quatre roues. Les accidents mortels survenus chez les piétons, les usagers de véhicules à deux roues n'ont pas été pris en compte.

2.2.1. Nature des véhicules impliqués

Il s'agit dans la majorité des cas de véhicules légers : 86. Dans 5 cas, il s'agit de véhicules utilitaires. Dans 2 cas, de poids lourds. Les 86 véhicules légers sont tous de modèle courant. Les véhicules de conception ancienne et les véhicules étrangers, peu utilisés en France, n'ont pas été retenus.

2.2.1. Répartition selon les directions de choc

Dans les études de sécurité routière, les directions de choc sont notées selon un système horaire.

Nous utiliserons ici une notation plus simple ; soit choc frontal (notation horaire 11 h - 12 h - 1 h) choc latéral, choc arrière, retournement.

A partir de cet alinéa, nous ne prendrons plus en compte les 93 véhicules mais les 100 personnes décédées. Par exemple, si deux occupants d'un même véhicule sont tués à la suite d'un choc frontal contre un obstacle fixe, nous comptons deux obstacles fixes, deux chocs frontaux.

Cette façon de procéder si artificielle qu'elle soit, a été adoptée pour faciliter dans la suite ce travail, l'étude des corrélations entre les déformations des véhicules et les lésions observées chez les occupants.

67 personnes sont décédées à la suite d'un choc frontal, 13 après un choc latéral. Dans deux cas, il s'agissait d'un choc arrière. Enfin, 12 décès sont consécutifs au retournement du véhicule. Dans 6 cas, la direction de choc n'a pas été définie, le véhicule n'ayant pas été retrouvé ou le choc ayant été complexe.

2.2.3. Nature et répartition des obstacles

Il s'agit dans 25 cas de véhicules légers, 23 chocs ont eu lieu contre des poids lourds, et 22 contre des obstacles fixes étroits (soit d'un diamètre inférieur ou égal à 60 cm). 5 sont des obstacles fixes larges. On relève également 4 chocs contre des glissières de sécurité. Dans un cas, il s'agissait d'une motocyclette. Dans deux cas, il s'agissait d'obstacles pénétrants.

On peut déjà remarquer la particulière gravité des chocs contre les poids lourds.

En effet, sur cette série d'accidents mortels, on relève un nombre de chocs contre poids lourds pratiquement égal à celui des chocs contre des véhicules légers, alors que les poids lourds représentent seulement 15 % de l'ensemble des véhicules circulant.

Les chiffres publiés par le S.E.T.R.A. confirment cette notion. Il y a eu en France en 1973, 9413 accidents impliquant un véhicule léger et un poids lourd, soit 5,9 % de l'ensemble des accidents, et 1333 victimes de ce type de choc soit 23 % de l'ensemble des tués durant cette période.

2.2.4. Appréciation de la violence des chocs

Les déformations des véhicules impliqués sont classées selon une procédure internationale appelée " Indice de Déformation du Véhicule (soit en anglais " Vehicle Deformation Index V.D.I.).

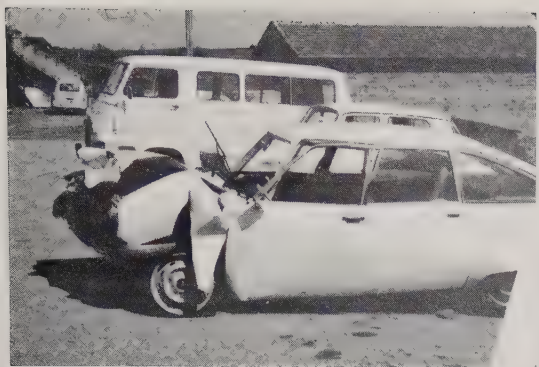
La valeur de cet indice est fonction des paramètres suivants qui caractérisent les déformations d'un véhicule :

- 1 - Principale direction des forces axées par le choc
- 2 - Principale zone heurtée
- 3 - Répartition horizontale des déformations
- 4 - Répartition verticale des déformations
- 5 - Principal type de collision
- 6 - Etendue des déformations

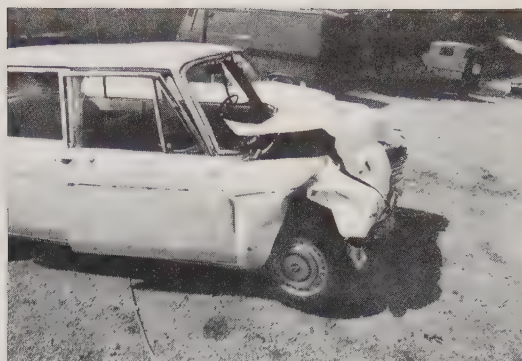
Le premier chiffre est déterminé à partir des déformations des deux véhicules ou du véhicule et de l'obstacle. Cette notion est très importante puisqu'elle indique la direction de la force exercée sur l'occupant et permet d'envisager la cinématique possible de l'occupant au cours du choc.

La détermination de la zone heurtée permet de caractériser de façon sommaire le type de la collision.

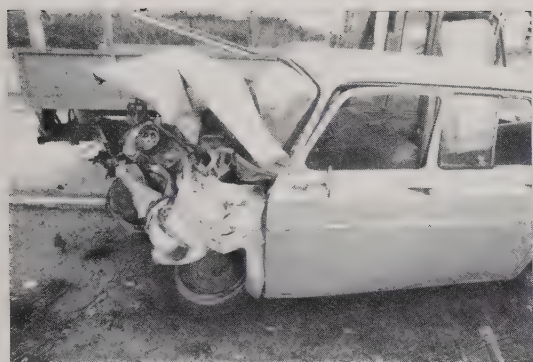
La localisation horizontale des dégâts donne des indications sur la violence du choc, l'automobile ayant une structure complexe, les zones rigides ne sont pas réparties sur l'ensemble de la surface extérieure mais localisées en des



Choc frontal VDI 3



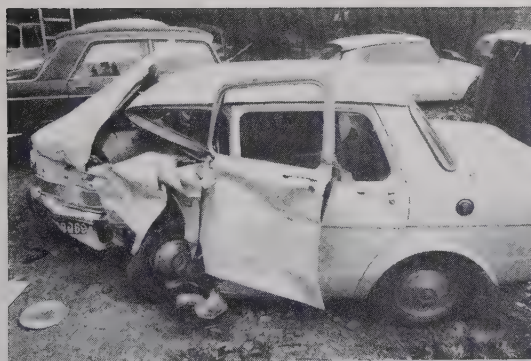
Choc frontal VDI 4



Choc frontal VDI 5



Choc frontal VDI 6



Choc frontal VDI 8



Choc latéral
Destruction totale de la moitié
droite de l'habitacle

points précis.

De même la localisation verticale des dégâts aide à apprécier la violence du choc.

Les structures les plus rigides sont situées au niveau inférieur du véhicule et leur participation au choc augmente la sévérité de celui-ci.

Le principal type de collision permet de connaître l'obstacle concerné.

Enfin, le dernier chiffre variant de 1 à 9 caractérise l'étendue de la déformation ; il est proportionnel à l'importance de l'enfoncement créé par le choc. Il est lié à certains points caractéristiques du véhicule (ex : enfoncement atteignant en choc frontal le bas du pare-brise est coté 5) -

C'est ce dernier chiffre que nous utiliserons dans cette étude.

Cet indice est de façon très globale proportionnel à la vitesse d'impact. Cependant, cette proportionnalité n'est pas applicable de la même façon à chaque type de choc, car si le degré d'enfoncement varie avec la vitesse, il dépend aussi de la structure du véhicule impliqué, de la nature de la zone heurtée, de la rigidité de l'obstacle.

Il est cependant possible de connaître la valeur de la vitesse de rapprochement des véhicules au moment du choc en comparant les déformations observées avec celles de véhicules similaires créées au cours de chocs sur obstacles fixes rigides, réalisées dans des conditions expérimentales connues.

Certains de ces essais ont déjà été réalisés par des constructeurs automobiles, mais leur nombre est trop insuffisant pour pouvoir utiliser cette méthode de détermination des vitesses en accident réel.

Un programme de recherche en cours doit systématiser ces essais pour tous les véhicules français. Avec les résultats de ces essais, on peut penser qu'il sera possible dans la majorité des cas de déterminer les vitesses de rapprochement des véhicules. La connaissance des déplacements relatifs des véhicules au cours du choc permettant même d'apprécier les vitesses respectives de chacun des véhicules.

Dans cette étude, la violence du choc a pu être déterminée dans 69 cas

On peut remarquer que plus de la moitié des chocs dont les déformations sont connues se situent dans une zone d'intensité moyenne (soit VDI entre 3 et 5, ce qui signifie en choc frontal : déformation allant d'une ligne passant par l'axe de roue avant - 3 jusqu'à une ligne passant par le pied de pare-brise).

Une seule déformation maximum 9 a été notée (cf. destruction totale du véhicule) par contre le nombre d'individus décédés au cours de chocs de très faible intensité (15 cas avec déformation 1 à 2) est élevé.

Cette constatation nous amène à considérer le problème de l'éjection.

2.2.5. L'éjection

Nous serons amenés dans la suite de cette étude à considérer certains sujets non plus en fonction du type de choc mais en fonction de sa conséquence : l'éjection.

Il existe en effet une similitude certaine entre les lésions présentées par les individus.

En outre, ces lésions ne sont généralement pas imputables aux déformations du véhicule.

Parmi les 14 personnes décédées à la suite d'une éjection, 10 ont été impliquées dans des chocs de faible intensité, entraînant des déformations de l'ordre de 1 ou 2.

Cette constatation nous permet d'avancer que ces individus auraient été indemnes ou peu blessés si ils étaient demeurés à l'intérieur du véhicule, ce qui met en évidence l'intérêt de l'utilisation des systèmes de contention.

Une étude systématique des cas d'éjection a permis de préciser que :

- ce sont préférentiellement les passagers avant qui sont victimes d'éjection et le plus souvent à la suite de chocs frontaux.
- En choc latéral, les passagers du côté du choc sont plus exposés au risque d'éjection.

- L'éjection se produit essentiellement par les portes, même si celles-ci sont retrouvées fermées après la collision.

On n'a jamais constaté d'éjection d'occupants porteurs de ceintures " trois points " alors qu'une occupante avant simplement maintenue par un baudrier a été partiellement éjectée.

3. NATURE ET FREQUENCE DES LESIONS

3. NATURE ET FREQUENCE DES LESIONS.

3.1. Methodologie

Ce chapitre comporte une étude descriptive des types de lésions présentées par les individus impliqués dans des accidents du trafic ; elle porte sur les sujets pour lesquels la vérification médico-légale a été pratiquée.

Nous ne nous bornerons pas à énumérer les lésions retrouvées ; nous évoquerons au passage les mécanismes ayant entraîné l'apparition de ces lésions, et les éléments du véhicule responsable. Ces deux points feront l'objet d'un chapitre ultérieur, plus détaillé.

De même, nous ferons un bref rappel des connaissances concernant la biomécanique et la résistance du segment corporel considéré.

Cette étude analytique des lésions sera présentée sur le mode des rapports d'autopsie : dans un premier temps, nous décrirons les lésions visibles à l'examen externe. Il s'agira des plaies cutanées, hématomes, plaques parcheminées, fractures ouvertes ou fermées. Nous mentionnerons également les diverses traces ou éléments du véhicule ou de l'obstacle retrouvés sur les corps et susceptibles d'avoir un intérêt dans le cadre d'une enquête médico-légale.

Dans un second temps, nous décrirons les lésions retrouvées à l'autopsie.

Les résultats justifieront à postériori cette différenciation.

En effet, si les lésions crânio-faciales sont nettement les plus fréquentes à l'examen externe, il n'en est pas de même pour les découvertes autopsiques qui mettent au premier plan les lésions thoraciques.

Enfin, nous analyserons les cas de mort immédiate et tenterons de déterminer quelles lésions sont responsables du décès, les associations lésionnelles, ceci en fonction des déformations et des directions de choc.

3.2. Lésions externes

3.2.1. Généralités

Une notion s'impose à l'examen des morts par accidents du trafic routier : le mort de la route est un poly-traumatisé.

En effet, on a relevé 334 lésions sévères pour 100 individus. Chacun est donc en moyenne porteur de deux à trois lésions. Les monotraumatismes sont rarement retrouvés dans cette étude et généralement sont consécutifs à des accidents entraînant des déformations faibles (19 monotraumatismes).

Les lésions de la face et du crâne viennent au premier plan de cette observation. Le fait que la grande majorité des cas étudiés soient des occupants des places avant explique la fréquence de ce type de lésions qui sont dues, nous le verrons, aux chocs contre les structures avant de l'habitacle et tout particulièrement contre le pare-brise. Il n'a pas été possible de faire une comparaison statistiquement valable avec les lésions de ce type présentées par les passagers arrière, vu la faiblesse de l'échantillon.

Les plaies des mains également fréquentes chez les passagers avant sont à rapprocher des lésions faciales, l'agent vulnérant est là encore le pare-brise, soit que les mains viennent au contact du pare-brise au cours d'un geste de défense, soit - en ce qui concerne les conducteurs - que les mains glissent hors du volant lorsque les forces mises en jeu durant le choc, deviennent trop élevées.

Les lésions thoraciques externes sont relativement rares : les vêtements jouent ici un rôle d'amortisseur ; on retrouvera peu de plaies cutanées thoraciques, par contre, hématomes et plaques parcheminées sont fréquents, ces dernières présentant l'intérêt de reproduire parfois fidèlement les contours de l'objet heurté, ce qui permet l'identification de celui-ci.

3.2.2. Répartition des lésions externes

3.2.2.1. Lésions de la face

76 des sujets de cette étude présentent des lésions du crâne ou de la face à l'examen externe. Il s'agit dans 72 cas de plaies cutanées. Dans 12 cas, il s'agit de fractures de la face. Ces lésions étant associées dans 8 cas.

- Les plaies de la face présentent souvent l'aspect caractéristique des plaies par pare-brise. Il s'agit soit de plaies franches souvent arciformes siégeant au niveau des reliefs du visage : nez, pommettes, front et probablement à relier au choc contre les débris du pare-brise éjecté au début du choc.

Soit il s'agit de plaies multiples, dilacérées avec parfois larges décollements dans lesquels on retrouve des débris de verre.

On relève aussi de nombreuses plaies du cuir chevelu parfois vastes réalisant de véritables scalps. Ces lésions sont le plus souvent créées par les montants de parebrise. Quelques lésions plus rares sont à signaler. On a relevé des cas de plaie occipitale par projection du passager arrière. Une plaie frontale transfixiante a été créée par un pieu de clôture, une autre par une planche pénétrant par le pare-brise.

- Les fractures de la face sont plus rares. Il s'agit essentiellement de fracas du maxillaire inférieur. Ici encore, on peut incriminer les structures antérieures de l'habitacle et particulièrement les montants du pare-brise.

Les études biomécaniques effectuées sur la résistance des os de la face aboutissent à des résultats très variables suivant la méthode employée. On peut retenir la valeur proposée par HODGSON qui utilise un impacteur cylindrique de $6,5 \text{ cm}^2$ de surface sans amortissement, avec une direction antéro-postérieure. Le seuil de tolérance est alors de 550 N.

3.2.2.2. Lésions thoraciques externes

Elles sont présentes chez 36 des sujets de cette étude et consistent essentiellement en hématomes et plaques parcheminées, les plaies de la région thoracique étant relativement rares. Les mécanismes susceptibles de créer ces lésions sont en choc frontal, la projection contre les structures antérieures de l'habitacle qui présentent de multiples aspérités.

La présence de plaques parcheminées permet dans certains cas d'identifier de façon formelle l'objet heurté. Plusieurs sujets présentaient de telles plaques à la suite de heurts contre le volant (traces reproduisant les contours du moyeu et de la jante) ou contre la planche de bord (bouton de boîte à gants).

Les rares plaies thoraciques sont dues à des objets pénétrants extérieurs au véhicule (glissières, plate-formes de poids lourds).

3.2.2.3. Lésions externes de l'abdomen

Elles sont retrouvées chez 14 sujets. Il s'agit le plus souvent d'hématomes ou de plaques parcheminées. Ces lésions sont surtout retrouvées chez les conducteurs et l'élément responsable est le volant. Le mécanisme est le même que celui des traumatismes thoraciques, l'impact contre le volant étant souvent mixte : thoraco-abdominal. Ces lésions sont fréquemment retrouvées chez les chauffeurs de poids lourds où l'impact abdominal est favorisé par la position basse et horizontale, et la grande rigidité des volants de ce type de véhicule.

Certaines lésions sont difficiles à expliquer, tel un cas de plaie pénétrante de l'abdomen avec issue des viscères : l'origine de cette plaie étant vraisemblablement le contact avec un replis de tôle appartenant à l'habitacle déformé, ou encore la pénétration d'un élément extérieur : capot moteur détaché au début du choc.

3.2.2.4. Lésions du membre inférieur

Elles sont fréquentes. 63 personnes ont présenté des plaies, hématomes ou fractures au niveau de la cuisse, du genou, de la jambe et du pied.

33 personnes ont présenté des lésions de la cuisse. Il s'agissait dans 17 cas de fractures. 17 personnes présentaient également des plaies ou des hématomes de cette région.

Le genou est également le siège de lésions chez 32 personnes. Il s'agit dans trois cas de fractures de la rotule, dans 29 cas de plaies ou d'hématomes du genou.

Les lésions de la cuisse et les lésions du genou sont fréquemment associées, réalisant le classique " syndrome " du tableau de bord.

Les lésions de la jambe et du pied sont retrouvées chez 40 personnes. Il s'agit de 29 plaies ou hématomes et de 20 fractures.

Ces lésions sont probablement consécutives à l'incarcération dans les replis de tôle (ou dans le pédalier quand il s'agit du conducteur).

Un mécanisme similaire peut être évoqué chez les passagers arrière :incarcération forcée sous les traverses du siège avant.

3.2.2.5. Lésions du membre supérieur

Présentée chez 32 sujets, ces lésions sont difficilement rattachables à un mécanisme précis. Il s'agit de 18 plaies ou hématomes et de 16 fractures. Leur fréquence relativement faible en choc frontal s'élève en choc latéral et lors des éjections (il s'agit alors souvent de lésions du moignon de l'épaule).

3.2.2.6. Outre la mise en évidence des lésions externes la levée de corps révèle parfois la présence d'éléments non organiques.

C'est ainsi qu'on a pu retrouver outre les débris de verre provenant soit du pare-brise, soit du vitrage latéral, des traces de peinture. Les plaies souillées de terre ou de gravillons sont également fréquentes et signent l'éjection. Dans un cas, on a retrouvé des débris d'écorce provenant de l'arbre sur lequel le véhicule s'est écrasé.

La présence de ces débris constituant la preuve que l'occupant est venu au contact de l'obstacle.

Un cas plus particulier aurait pu avoir un intérêt dans le cadre d'une éventuelle enquête médico-légale. Il s'agit d'un occupant éjecté puis franchi secondairement par le véhicule. La présence au niveau du thorax de traces d'argenture provenant de la parabole de phare du véhicule a permis d'affirmer que la victime avait été heurtée par son propre véhicule continuant sa course après l'éjection du conducteur.

L'aspect extérieur des blessés de la route met déjà en évidence la notion de polytraumatisme. On a en effet relevé 334 lésions sévères pour les 100 individus (moyenne pour l'ensemble de l'enquête 1,8).

En outre, le type et la répartition des blessures permettent déjà de préciser le type de choc et la nature des éléments impactés. L'examen externe reste cependant insuffisant pour déterminer de façon précise la ou les causes de la mort.

C'est ainsi qu'un des sujets de cette étude ne présentait aucune lésion externe, mais était porteur d'atteintes thoraciques graves ainsi que d'une fracture de la fosse cérébrale postérieure avec hémorragie méningée mortelle.

C'est l'autopsie qui va permettre de préciser le type des lésions internes et de répondre à la question " de quoi meurt-on dans les accidents du trafic ? ".

3.3. Lésions internes

3.3.1. Généralités

Déjà la levée de corps permet de mettre en évidence la multiplicité des blessures chez un même individu, cette notion va être confirmée par l'autopsie : la majorité des morts de la route sont des polytraumatisés. Certains d'entre eux sont même porteurs de plusieurs lésions mortelles.

Deux segments corporels sont particulièrement atteints. En effet, si les atteintes crânio-encéphaliques sont fréquentes puisqu'elles intéressent 61 % des sujets. Nous avons relevé un nombre plus élevé de lésions thoraciques : 68 %.

Cette constatation est en contradiction avec les résultats des études similaires qui accordent en général une large prédominance aux atteintes crânio-encéphaliques. Il faut noter que l'autopsie n'est que rarement pratiquée de façon systématique dans les études de ce type, ce qui expliquerait " l'oubli " d'un certain nombre de lésions des viscères thoraciques insoupçonnables au seul examen externe.

Moins fréquentes mais souvent graves sont les atteintes de la colonne cervicale, ainsi que les lésions viscérales abdominales.

3.3.2. Répartition des lésions internes

3.3.2.1. Lésions crânio-encéphaliques

Ces lésions sont retrouvées chez 61 sujets. Il s'agit soit de dégâts osseux allant de la fracture simple à la grande dislocation de la boîte crânienne, soit de lésions de la matière cérébrale, de la contusion à la franche dilacération. Ces lésions sont parfois associées à des hémorragies méningées. On

retrouve également des hématomes sous-duraux chez les individus décédés tardivement.

Il est à noter que dans un petit nombre de cas, ces dégâts de la matière cérébrale sont survenus en l'absence de lésions osseuses. Cette constatation nous amène à réfléchir sur les mécanismes lésionnels et la notion de tolérance.

Les notions expérimentales semblent indiquer que ce type de lésions est la conséquence de chocs d'intensité moyenne et de durée élevée, les fractures relevant de chocs à plus haut niveau d'énergie et de courte durée.

Différents types de fractures peuvent être individualisés chacun correspondant à un type de choc particulier.

Les fractures-pénétrations consécutives à des chocs à grande vitesse sur impacteur de faible surface donnant des pressions élevées

Les fractures dépressives-comminutives, impacteur de plus grande surface, énergie élevée.

Les fractures linéaires éloignées - la fracture se produit à distance du point d'impact, l'impacteur étant de grande surface et résultant des déformations de l'ensemble de la boîte crânienne.

Répartition des lésions

Sur les 61 sujets présentant des lésions crânio-encéphaliques on distingue :

- 3 fractures simples du crâne
- 7 fractures complexes
- 10 fractures simples associées à une hémorragie méningée
- 14 fractures complexes plus hémorragie méningée
- 9 hémorragies méningées sans fracture
- 2 fractures avec hématome sous-dural
- 13 fractures plus hémorragie + dilacération de la matière cérébrale
- 2 dilacérations sans fracture
- 1 plaie crânio-cérébrale par objet pénétrant.

- Les fractures simples du crâne sont localisées préférentiellement au niveau pariéto-temporal et de l'étage antérieur. Les fractures frontales pures sont relativement rares. Deux explications sont possibles ; tout d'abord la direction du choc est exceptionnellement frontale pure, il est probable qu'il existe une composante rotatoire qui favorise la latéralisation des impacts. D'autre part, les études de résistance des os du crâne ont montré que la force nécessaire à la rupture de l'os frontal est de 4200 N (NAHUM)(45), soit environ deux fois supérieure à celle suffisant à créer des lésions des pariétaux (2150 N).

On relève également quatre fractures occipitales. Trois sont explicables par la projection des passagers arrière venant heurter le passager avant au niveau occipital.

Une autre est réalisée par la pénétration des premières cervicales au niveau du trou occipital réalisant un éclatement de l'os.

- Les fractures complexes sont soit des fractures multiples en étoile de la voûte, soit associent fractures de la voûte et fractures de l'étage antérieur, du rocher du plancher de l'orbite.

Ces lésions sont principalement retrouvées lors des éjections et des retournements. On peut tenter d'expliquer le mécanisme : l'éjection se produit le plus souvent tête en avant et le contact avec le sol a lieu au niveau de l'extrémité céphalique. En retournements, soit le pavillon écrasé vient au contact de la tête, soit à l'inverse le crâne vient heurter le pavillon non déformé.

- En choc latéral les lésions crânio-encéphaliques sont également fréquentes. Deux mécanismes sont possibles, soit projection contre les montants du pare-brise par la composante axiale du choc, soit heurt contre l'habitacle déformé - la résistance latérale étant beaucoup plus faible - soit même choc contre l'obstacle faisant intrusion dans l'habitacle.

- Les lésions crânio-encéphaliques sont relativement moins fréquentes en choc frontal. Soit le sujet est conducteur (cas le plus fréquent dans cette étude) et le contact a lieu au niveau du volant, créant ainsi des lésions thoraco-abdominales.

On peut aussi penser que les impacts céphaliques, s'ils existent, ont lieu au niveau du pare-brise dont la résistance est théoriquement bien inférieure à celle des éléments osseux.

3.3.2.2. Lésions de la colonne vertébrale

Parmi les 100 sujets autopsiés, 27 présentaient des lésions notables de la colonne vertébrale. Il n'est pas toujours possible de préciser l'incidence de ces lésions sur le pronostic vital. De même, il n'est pas possible d'éliminer un traumatisme médullaire mortel sans lésion osseuse, l'autopsie médullaire n'ayant, sauf dans un cas, pas été pratiquée.

3.3.2.2.1. Répartition des lésions

Vingt trois sujets de cette étude présentaient une lésion unique de la colonne vertébrale, les quatre autres sujets présentaient deux lésions distinctes. Ce qui porte à 31 le nombre des lésions vertébrales.

Il s'agit le plus souvent d'atteinte des vertèbres cervicales, soit 23 cas survenant à tous les niveaux mais avec une prédominance pour C6.

Il s'agissait de lésions des vertèbres dorsales dans cinq cas.

Enfin, on a relevé trois fractures au niveau lombaire.

3.3.2.2.2. Etude des directions de choc ayant créé ces lésions - étude des mécanismes.

25 véhicules sur les 27 cas ayant donné lieu à des lésions vertébrales ont été retrouvés et analysés. Pour 7 cas ayant donné lieu à des éjections, la direction du choc initial n'a pas été prise en compte car les conséquences de l'éjection ne sont pas liées au choc, mais bien à la projection de l'occupant dans un environnement particulièrement agressif.

Répartition des chocs

- choc frontal 12 cas
- choc latéral 5 cas

- retournement 1 cas
- éjection 7 cas
- 2 chocs non déterminés.

Les lésions vertébrales en choc frontal

Etude des mécanismes.

On est frappé par la presque totale exclusivité des lésions cervicales dans ce type de choc. On relève en effet 11 lésions cervicales pour une lésion de la 1ère lombaire.

Ces lésions admettent essentiellement deux mécanismes classiquement décrits.

- l'hyperflexion forcée crée un éclatement du mur antérieur par compression avec projection en arrière du mur postérieur qui risque de léser la moelle. L'hyperflexion est pratiquement le seul mécanisme mis en jeu lors des fractures de l'odontoïde.

- l'hyperextension crée une rupture du ligament antérieur avec fracture parcellaire du mur antérieur. Il s'agit là de mouvements extrêmes. A un degré moindre, on observe des équivalents mineurs, luxation, étirement ligamentaire sans atteinte osseuse.

Les études biomécaniques portant sur ces segments montrent que le seuil lésionnel est beaucoup plus élevé en flexion 88 N.m qu'en extension 47 N.m (MERTZ) (40).

Il semble que lors des chocs frontaux, le mécanisme lésionnel le plus fréquent soit l'hyperflexion. Le segment céphalique possède une inertie importante et n'est pas retenu, alors qu'il existe une retenue au niveau du bassin (frottement sur le siège) et du thorax éventuellement retenu sur le volant.

Ce mécanisme semble être en cause dans beaucoup de nos cas, la projection des passagers arrière aggravant la flexion dans quatre cas.

L'hyperextension peut être considérée comme responsable des lésions dans les autres cas, la tête étant retenue au niveau du haut de pare-brise par exemple, le thorax continuant sa poussée.

- Etude des lésions vertébrales en choc latéral - Mécanismes.

Il est difficile de préciser les mécanismes des lésions vertébrales dans ce type de choc.

Les études réalisées sur ce sujet sont rares. En fait, les mouvements de flexion latérale du rachis cervical sont limités et rarement purs, presque toujours associés à un mouvement de rotation.

L'observation des 5 cas ne nous permet pas de dégager une idée directrice.

Il s'agit de 5 lésions cervicales étagées entre C1 et C5.

- Deux lésions hautes sont probablement consécutives à un phénomène de cisaillement lors du heurt de la tête contre un obstacle pénétrant.

- Un cas relève de l'hyperflexion latérale - tête projetée par la vitre ouverte.

Pour les autres cas, il s'agit de mécanisme d'hyperflexion comparable à ceux entrant en jeu dans les chocs frontaux (On retrouve d'ailleurs chez ces sujets des lésions caractéristiques du choc frontal par suite de projection sur le volant.

- Lésions vertébrales créées lors de retournements.

Il s'agit ici d'un mécanisme de compression axiale, la tête heurtant le pavillon, le poids du corps exerçant une pression sur l'ensemble du rachis avec des efforts maximum aux pointes de courbures.

Il s'agit souvent de tassements vertébraux souvent bien tolérés et découverts lors d'examen systématiques.

Dans le cas qui nous intéresse, il existait un écrasement massif de la 9ème dorsale susceptible d'avoir entraîné une lésion médullaire mortelle.

- Lésions vertébrales lors des éjections.

La projection d'un individu dans un environnement le plus souvent tourmenté et hostile est toujours dangereuse.

De plus, l'éjection se fait tête en avant ; le contact avec le sol est réalisé au niveau de l'extrémité céphalique qui subit la pression du reste du corps, ainsi se trouvent

réalisées, au niveau du rachis cervical, des angulations dont la valeur se situe au-delà de la tolérance physiologique.

Sept sujets éjectés présentaient des lésions gravissimes de la colonne à différents niveaux.

Dans un cas, on a noté une dislocation de l'occipital par la pénétration forcée des trois premières cervicales dans le trou occipital.

Deux cas de lésions dorsales sont à rapporter au franchissement par un véhicule secondairement à l'éjection. Dans ce cas, il existait des plaques parcheminées signant le franchissement et recouvrant une véritable dislocation des 5^e et 8^e vertèbres dorsales.

Dans un cas, il existait uniquement une lésion médullaire. L'autopsie classique n'aurait montré qu'une légère hémorragie au niveau du trou occipital, la dissection médullaire a apporté la preuve de l'existence d'une hémorragie au niveau cervical, probablement consécutive à une sidération des centres nerveux.

3.3.2.3. Les lésions thoraciques

Elles ont été retrouvées fréquemment. En effet, 68 des sujets de cette étude étaient porteurs de lésions du thorax.

Nous étudierons tout d'abord :

3.3.2.3.1. Les lésions du cadre osseux thoracique

Elles sont présentées chez 56 personnes. Dans 16 cas, il s'agit de fractures simples (ont été classées en fractures simples, celles qui intéressent moins de cinq côtes et ne réalisent pas de volet thoracique).

Ces fractures simples ne présentent en elles-mêmes pas de caractère de gravité, mais font courir le risque d'embrochement des organes sous-jacents.

De la même façon les fractures du sternum retrouvées chez 7 sujets n'entraînent pas, lorsqu'elles sont isolées, de gêne fonctionnelle.

Dans 40 cas, il s'agit de fractures complexes (intéressant 5 côtes ou plus, ou réalisant un volet thoracique).

On rencontre assez fréquemment de véritables enfoncements thoraciques, avec fractures multiples, bilatérales dont le retentissement sur les organes sous-jacents fait toute la gravité : écrasement sur la saillie vertébrale, embrochements.

Deux mécanismes sont à l'origine des lésions costales.

- Soit, il existe un choc ponctuel avec fracture à ce niveau.

- Soit, le choc est extensif, l'hyperpression est transmise à l'ensemble du grill costal, les côtes se rompant au niveau du rayon de courbure minimum, soit sur la ligne axillaire. On a aussi noté de nombreuses ruptures au niveau de la jonction sterno-costale, qui représente vraisemblablement une zone de moindre résistance.

Les données expérimentales sont variables. Les essais réalisés sont soit des essais statiques, soit des essais dynamiques.

On peut retenir les chiffres de PATRICK : déflexion thoracique admissible 3 à 5 cm, obtenue par l'application d'une force de 3000 à 5000 Newtons sur une surface de l'ordre de 200 cm².

Les forces mises en jeu lors des accidents du trafic atteignent rarement ce niveau d'intensité, par contre, la surface des objets impactés est généralement plus faible (moyeu de volant en particulier).

3.3.2.3.2. Lésions des viscères endothoraciques

- Lésions du coeur et des gros vaisseaux

La fréquence de ce type de lésions est relativement élevée. En effet, on a retrouvé 34 lésions de ce type chez 27 personnes. La gravité de ces atteintes est évidente ; les individus concernés sont pour la plupart immédiatement décédés. Les quelques cas ayant survécu jusqu'à leur transfert en centre spécialisé n'ont pu être sauvés.

- Ces lésions n'étaient pas toujours sous-jacentes à des atteintes du cadre osseux.

On a relevé 7 lésions du coeur ou des gros vaisseaux sans fracture de côtes.

La répartition des lésions viscérales thoraciques est la suivante :

- lésions du coeur ; il existait :

8 plaies de l'oreillette droite
2 plaies de l'oreillette gauche
3 plaies du ventricule droit

On a pas retrouvé de lésions du ventricule gauche. Dans deux cas, le coeur a été retrouvé totalement laminé ou présentant des embrochements multiples.

On a relevé également deux plaies non transfixiantes du muscle cardiaque.

Dans un cas, il s'agissait d'un volumineux hématome. Le péricarde a été trouvé rompu dans deux cas.

- Les lésions des gros vaisseaux :

Il s'agissait de 9 ruptures de l'aorte
Un hématome de la crosse aortique
Une rupture de l'aorte descendante.
La veine cave inférieure a été retrouvée rompue dans deux cas.

Dans un cas, il existait une rupture de l'artère pulmonaire.

Etude des mécanismes lésionnels.

- Un certain nombre de plaies du coeur sont manifestement dues à l'embrochement par les fragments de côtes fracturées.

- L'enfoncement thoracique doit être mis en cause dans certains cas, sans que le cadre osseux soit nécessairement fracturé. Chez les sujets jeunes, l'élasticité est suffisante pour permettre au plastron sterno-costal de venir pratiquement au contact de la saillie vertébrale, les côtes demeurant intactes. Les viscères thoraciques sont alors comprimés entre ces deux éléments.

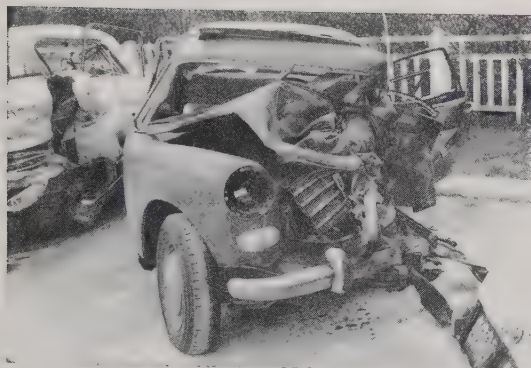
- L'aorte peut naturellement être lésée par ces mécanismes mais un mécanisme d'hyperpression intraluminale peut être en cause (CAMMACK). Cette hyperpression pouvant avoir un point de départ à distance : compression des membres ou de l'abdomen. Ce mécanisme pourrait également expliquer la rupture des parois du coeur (BRIGHT - BECK). Les gros vaisseaux pourraient également subir des efforts de cisaillement, en particulier au niveau de leur émergence du péricarde, certaines ruptures constatées dans cet échantillon pourraient relever de ce mécanisme, alors que trois déchirures de l'aorte " en étoile " relèveraient plutôt d'un mécanisme d'hyperpression.



Remontée de la colonne de direction et déformation du volant " en parapluie "



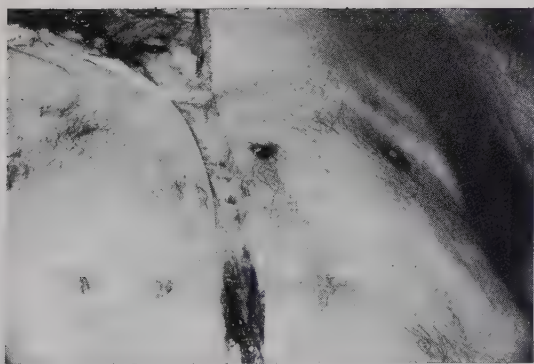
Rupture en étoile de l'aorte ascendante due au heurt contre le moyeu du volant



Véhicule très déformé
(VDI 8)



Zone de la boîte à gants heurtée par le passager avant



Hématome médio-sternal dû au heurt contre le bouton de boîte à gants



Rupture circulaire de l'aorte sous-jacente à l'hématome ci-contre

Enfin, la brutalité de la décélération semble avoir été la cause dans un cas de la luxation du coeur hors du péricarde avec rupture des ventricules, ceci sans lésion du cadre osseux.

ALDMAN a particulièrement étudié ce problème et considéré le coeur comme un système oscillant ayant une fréquence propre. L'intensité de la décélération aurait moins d'importance que la durée pendant laquelle elle s'applique (phénomène de résonance).

Il nous a paru intéressant d'exposer de façon plus détaillée les lésions intrathoraciques observées chez trois sujets ne présentant pas de fracture du cadre osseux thoracique.

1er cas : on relève une rupture du ventricule droit avec arrachement de l'aorte et de l'artère pulmonaire. Il a du exister une importante hyperpression au niveau de l'abdomen, puisque l'estomac en repletion et le diaphragme sont rompus, avec retentissement sur la cavité thoracique (l'estomac franchissant la brèche diaphragmatique).

2ème cas : ce sujet présentait une rupture du péricarde avec issue du coeur. Le ventricule droit présentait une plaie dilacérée. Il n'existait pas de lésions osseuses. Ces lésions peuvent être imputées au heurt du thorax contre le volant déformé.

3ème cas : il s'agit d'un arrachement de la veine cave inférieure au niveau de sa pénétration dans le péricarde. Elle est associée à une rupture bilatérale des hiles pulmonaires. Ceci évoque un mécanisme de compression sur la saillie vertébrale par enfoncement du thorax (sujet de 40 ans).

- Lésions des poumons et des hiles

Seules ont été prises en considération les lésions susceptibles de créer une gêne fonctionnelle importante. En effet, la presque totalité des sujets présentaient des épanchements pleuraux, des phénomènes congestifs, oedémateux, voire infectieux du parenchyme pulmonaire qu'il est difficile de rattacher au traumatisme routier.

29 sujets étaient porteurs de 37 lésions du parenchyme ou des hiles pulmonaires. On a relevé 14 hématomes massifs des faces postérieures des poumons suffisamment importantes pour réduire de moitié l'hématose.

Le mécanisme probable de ce type de lésions est le suivant : il y aurait fuite en avant des masses pulmonaires " retenues " par la pression négative pleurale, et création de ruptures multiples des capillaires pulmonaires.

12 sujets présentaient des plaies des masses pulmonaires. Dans 11 cas, il s'agissait d'embrochement par des fragments de côtes, dans un cas, d'une plaie pénétrante par objet extérieur. On a noté un embrochement grave consécutif à la fracture d'une seule côte.

11 sujets présentaient des lésions des hiles pulmonaires. On a retrouvé deux volumineux hématomes des hiles. Dans 9 cas, il s'agit soit de rupture partielle d'un des éléments des hiles, soit d'arrachement total.

Les mécanismes des lésions hilaires sont difficiles à mettre en évidence. On peut supposer qu'il existe lors d'un choc thoracique, une augmentation du diamètre transversal de la cavité thoracique, un déplacement des masses pulmonaires avec étirement au niveau des hiles (SAMUEL) (62).

Les lésions bronchiques par hyperpression classiquement décrites, consécutives à un traumatisme thoracique à glotte fermée, n'ont pas été retrouvées dans cet échantillon.

Les lésions thoraciques ont été retrouvées chez des individus impliqués dans tous les types de choc. Mais ces lésions sont beaucoup plus fréquentes en choc frontal, particulièrement chez le conducteur et le passager avant. La cinématique de ces individus dans ce type de choc les exposant au choc contre le volant ou le tableau de bord, responsable de la création de la plupart des lésions observées.

3.3.2.4. Lésions abdominales

Deux zones sont à distinguer, d'une part l'abdomen thoracique ; c'est à ce niveau qu'on retrouve le plus grand nombre de lésions ; les chocs responsables de ces lésions sont soit mixtes, thoraco-abdominaux, mais peuvent être purement thoraciques.

Les lésions du bas-abdomen sont consécutives à des chocs plus bas situés et sont souvent associées à des lésions du bassin.

3.3.2.4.1. Les lésions de l'abdomen thoracique

Elles se répartissent comme suit :

4 ruptures de diaphragme

2 ruptures d'estomac

35 plaies ou ruptures du foie

21 plaies ou ruptures de la rate.

Mécanismes des lésions du diaphragme.

- De par sa situation limite, le diaphragme peut subir la conséquence d'impacts thoraciques et abdominaux.

En cas d'impact thoracique bas, il peut s'agir de véritable désinsertion au niveau costal. Les chocs abdominaux sont susceptibles de créer une hyperpression capable, surtout si l'estomac est en répletion, d'entraîner une rupture de la coupole diaphragmatique.

L'embrochement par fracture basse des côtes est aussi un mécanisme envisageable.

L'estomac

- Ici encore, il semble s'agir d'un mécanisme d'hyperpression favorisé par la répletion de l'organe. Les lésions directes par objet transfixiant sont bien sûr possibles, mais sont absentes de cette étude.

Le foie

- Sa situation sous le rebord costal l'expose aux traumatismes thoraciques bas, et son poids élevé entraîne la transmission de forces élevées au système de suspension. Ceci explique qu'en dehors des fissures ou fractures massives, on trouve à la coupe des dilacérations sous-capsulaires autour du pédicule hépatique.

Dans 19 cas, la déflexion thoracique et les fractures de côtes associées semblent être responsables des lésions hépatiques.

Les 16 cas restant dans lesquels il n'existe pas de fracture de côtes, présentent des lésions dues probablement à la décélération.

La rate

- Cet organe est lui aussi essentiellement thoracique. C'est un organe fragile qui peut être lésé par choc direct sur la partie basse de l'hémithorax gauche. 17 cas montrent ainsi une association rupture de rate - fracture de côtes. Dans les autres cas (4) il s'agit probablement de traction sur le pédicule splénique par le processus de décélération.

Le caractère fortement hémorragique de ces lésions même lorsqu'elles sont minimales explique la gravité des atteintes de cet organe.

3.3.2.4.2. Lésions abdominales basses

Elles sont rares dans cet échantillon. On a retrouvé :

- 3 ruptures du rein
- 1 hématome du mésentère
- 1 rupture d'urètre.

On a jamais constaté de lésions intestinales.

3.3.2.5. Lésions du bassin

18 personnes présentent de telles lésions. Il s'agit de fractures intéressant souvent plusieurs segments, ailes iliaques, branches ilio et ischio-pubiennes. Elles s'accompagnent dans 5 cas de fractures du cotyle.

Les mécanismes sont soit directs : choc direct contre l'habitacle déformé ; en particulier en choc latéral, impact du volant sur les ailes iliaques pour les véhicules poids lourds (volant horizontal bas situé).

Il peut s'agir également de fractures à distance, le point d'impact étant situé au niveau du genou avec transmission de la force dans l'axe de la diaphyse fémorale. De tels mécanismes ont été mis en évidence expérimentalement par PATRICK.

3.3.2.6. Lésions des membres

Ces lésions sont relativement fréquentes en pathologie routière, mais ne font généralement pas courir de risque vital, excepté dans un cas de notre échantillon où le décès est survenu par " crush syndrom " à la suite de l'écrasement massif du membre inférieur.

42 personnes présentaient des lésions des membres parmi lesquelles :

12 présentaient une ou plusieurs fractures des membres supérieurs.

21 présentaient une ou plusieurs fractures des membres inférieurs.

9 présentaient des fractures des membres supérieurs et membres inférieurs, 12 personnes présentant des lésions bilatérales.

Les mécanismes sont divers : choc direct torsion, flexion, compression, amputation. PATRICK admet comme limite de tolérance une force de 6500 N, appliquée dans l'axe de la diaphyse fémorale.

3.4. Etude des lésions présentées par les sujets morts immédiatement

3.4.1. Généralités

La vérification anatomique des morts de la route met en évidence la grande variété des lésions rencontrées ainsi que la fréquence des associations lésionnelles.

Il nous a paru intéressant pour poursuivre ce travail de mettre à part les lésions à elles seules susceptibles d'entraîner le décès. Sur l'ensemble de cet échantillon, un certain nombre d'individus ne présentent pas de lésions à priori irréparables, le décès étant consécutif à l'association chez un même individu, de plusieurs lésions graves.

D'autres facteurs peuvent également intervenir ; il s'agit de la durée du délai écoulé entre l'apparition des blessures et le début de l'administration des soins, de même l'âge et l'état de santé jouent un rôle sur le pronostic vital.

Nous avons tenté d'éliminer ces facteurs ou du moins de diminuer leur influence, en étudiant plus particulièrement les cas de décès immédiats. La cause de la mort étant dans ces cas plus évidemment rattachable à l'accident lui-même.

76 sujets ont été classés parmi les morts immédiats la majorité d'entre eux sont décédés dans les minutes suivant l'accident, le délai maximum étant de trois heures.

Les lésions présentées par ces sujets ont été analysées et certaines d'entre elles considérées comme " immédiatement mortelles ". Cette classification a été facile dans les cas rares où l'accidenté ne présentait qu'une localisation traumatique et par contre dans les cas, nombreux de cet échantillon où le sujet présentait deux ou plus de deux lésions susceptibles d'entraîner la mort. Nous nous sommes référés à l'étude de lésions similaires responsables à elles seules du décès chez d'autres sujets.

On a retrouvé sur ces 76 cas, 107 lésions immédiatement mortelles, soit une moyenne de 1,4 lésion par individu cf. Tableau 1.

3 individus de cette étude présentaient plus de 3 lésions mortelles, ces cas correspondaient à des déformations maximales des véhicules, et il paraît illusoire d'espérer en l'efficacité des systèmes de sécurité habituels.

3.4.2. Nature et répartition des lésions immédiatement mortelles

Dans 41 cas, il s'agissait de lésions crânio-encéphaliques.

32 sujets étaient porteurs de lésions thoraciques fatales ; il s'agissait exclusivement de lésions viscérales et particulièrement d'atteintes du coeur et des gros vaisseaux. Les lésions des masses pulmonaires et les lésions osseuses paraissent peu susceptibles d'être immédiatement mortelles.

14 lésions abdominales ont entraîné la mort immédiate. Il s'agit surtout de dilacération du foie et de la rate dépassant les ressources chirurgicales, mais aussi de ruptures multiples des viscères creux, estomac en particulier.

Chez 17 sujets, la mort est due à une atteinte de la colonne cervicale. Il s'agissait de fractures massives suffisantes pour entraîner des lésions médullaires fatales.

Dans un cas, il n'existait pas de fracture mais une hémorragie au niveau de la moelle cervicale, qui représente bien la cause du décès, aucune autre lésion n'ayant pu être retrouvée.

Enfin, deux fractures de la colonne dorsale étaient suffisamment importantes pour représenter la cause du décès.

Répartition selon les types de chocs

Il ne s'agit plus réellement ici de directions, mais de types de chocs. En effet, une catégorie à part est repré-

sentée par l'éjection qui survient pour des directions de chocs variables, mais réalise des lésions caractéristiques, de même nous avons considéré à part les lésions survenues chez les deux occupants ceinturés. Enfin un certain nombre d'accidents complexes avec chocs secondaires, et dans lesquels les véhicules n'ont pas été examinés, ont été classés dans une rubrique " divers ".Cf. Tab.2

On peut dire pour conclure que si les lésions crânio-cérébrales sont un peu moins fréquentes que les lésions thoraciques, elles représentent la principale cause de mort immédiate.(cf. tableau 2).

Ces lésions fréquentes dans tous les types de chocs, le sont plus particulièrement en choc latéral et lors des éjections et des retournements.

Les lésions thoraciques viennent au second plan des causes de mort immédiate et sont surtout fréquentes en choc frontal.

Enfin, les lésions de la colonne cervicale sont responsables d'un nombre élevé de décès, elles sont très fréquemment retrouvées chez les sujets victimes d'une éjection.

3.5. Etude des lésions présentées par les sujets décédés secondairement

24 personnes sont décédées secondairement, c'est à dire plus de trois heures après l'accident, ce délai ayant été suffisant pour permettre le transport dans un établissement de soins (excepté un cas).

Ces individus ne présentaient pas de lésions irréparables et constituaient la catégorie limite de traumatisés chez qui subsiste des possibilités de survie.

Ces sujets sont pour la plupart d'entre eux, poly-traumatisés, la moyenne étant sur cet échantillon de deux lésions sévères par individu.

Les lésions ou associations lésionnelles étaient les suivantes :

- lésions du crâne : isolée dans 3 cas
- + lésion de l'abdomen 1 cas
- lésion de l'abdomen + lésion du thorax 4 cas

- lésions du thorax : + lésion de l'abdomen 2 cas
 - " + lésion de l'abdomen + lésion du bassin 2 cas
 - " + lésion de l'abdomen + lésion de la colonne
+ membre inférieur 1 cas
 - lésion abdominale seule 1 cas
 - " + 1 cas d'association avec une lésion du
membre inférieur
 - lésions de la colonne cervicale : isolée 1 cas
- 3 cas nous ont paru mériter d'être détaillés.

- Dans l'un d'eux, le sujet est décédé à la suite d'un délabrement de la face par pare-brise ayant entraîné un choc irréversible.

- Un des sujets est décédé à la suite d'une rupture de rate, la splenectomie a été pratiquée, mais le blessé est décédé en insuffisance respiratoire ; il était âgé de 67 ans et présentait une insuffisance cardiaque.

- Un cas de fracas du bassin associé à une rupture d'urètre a évolué en quelques jours vers l'insuffisance rénale, unique cause du décès.

Hormis ces cas particuliers, on note la fréquence des associations en particulier des lésions thoraciques et abdominales.

En ce qui concerne l'association lésion thoracique - lésion des membres inférieurs, membres supérieurs, il faut remarquer que dans un cas, cette dernière est responsable du décès. L'occupant du véhicule a eu à la suite d'une éjection, le membre inférieur broyé par son propre véhicule, le décès étant du à un " crush syndrome".

Pour un certain nombre de sujets, le retard apporté à l'application des soins a influencé le devenir.

C'est le cas en particulier, d'un sujet ayant séjourné six heures dans son véhicule, une nuit d'hiver avant d'être retrouvé. Il ne présentait que des atteintes thoraciques de sévérité moyenne et un fracas du membre inférieur.

L'influence de l'âge n'est pas nettement mise en évidence : l'âge moyen des morts tardifs est de 38, 8 contre 36

pour l'ensemble des sujets autopsiés.

De même, l'influence de l'état de santé initial modifie sans doute la résistance au traumatisme. Ceci n'apparaît de façon évidente que pour deux sujets, l'un porteur d'une cirrhose avancée, l'autre d'une insuffisance cardio-respiratoire.

Nb sujets	type de choc	1 Lésion	2 Lésions	3 Lésions	4 Lésions
38	Frontal	25	9	2	2
12	Latéral	9	2	1	0
5	Retournement	4	1	0	0
2	Occupant ceinturé	1	1	0	0
13	Occupant éjecté	8	5	0	0
6	Divers	5	1	0	0
76	Nbre de lésions	52	38	9	8 = 107

Tableau 1

Nombre lésions mortelles/sujet

Nb sujets	Type de choc	CRANE 42,1 %	THORAX 60,5 %	ABDOMEN 23,7 %	COLONNE CERVICALE 18,4 %	COLONNE D.LOMB.	TOTAL
38	Frontal	16 66,6 %	23 33,3 %	9 25 %	7	0	55
12	Latéral	8 100 %	4	3	3	0	18
5	Retournements	5	0	0	1	0	6
2	occupants ceinturés	1 61,5 %	0	0	1 38,4 %	0	2
13	occupants éjectés	8	4	1	5	1	19
6	Divers	3 54 %	1 42 %	1 18,4 %	1 23,7 %	1	7
76		41	32	14	18	2	107

Tableau 2 - Répartition des lésions mortelles pour 76 cas
de mort immédiate

4. CORRELATION ENTRE LES LESIONS ET LES DEFORMATIONS DU VEHICULE

4. CORRELATION VEHICULE - OCCUPANT

4.1. Généralités - Moyens d'étude

Après analyse typologique des lésions présentées par les individus de notre échantillon, il nous a paru intéressant de considérer d'une part les déformations des véhicules, et d'autre part d'inventorier les éléments - qu'ils soient partie du véhicule ou de l'obstacle - susceptibles d'avoir créé les lésions observées.

Cette étude a été entreprise de façon systématique pour tous les individus impliqués dans des accidents dont les circonstances ont pu être précisées et les véhicules examinés.

Nous avons tenté de répondre à la question suivante :

quelle partie du véhicule, qu'elle soit intérieure ou extérieure à l'habitacle, quel élément extérieur a pu créer la lésion considérée ?

La réponse à cette question peut être relativement simple à fournir lorsqu'il existe à la fois des lésions caractéristiques à l'examen externe du corps (plaques parcheminées reproduisant les contours de l'objet impacté, moyeu ou jante du volant par exemple), des lésions viscérales sous-jacentes et au niveau du véhicule des traces de l'impact de l'occupant (déformation du volant " en parapluie " - enfoncement des montants latéraux) accompagnées parfois de débris organiques, débris dentaires, cheveux, taches de sang, lambeaux de tissu graisseux sous-cutanés. On retrouve également des débris de tissus plus ou moins br0lés, parfois inclus dans des éléments en matière plastique de l'habitacle.

Cependant, ces éléments ne sont pas toujours présents. Il a fallu dans ces cas, s'aider de connaissances théoriques fournies par l'expérimentation sur modèle humain.

Cette expérimentation fait appel à l'utilisation de mannequins possédant des caractéristiques de répartition des poids qui leur confèrent un comportement proche de celui du corps humain.

Ces mannequins sont installés dans des véhicules, propulsés soit contre d'autres véhicules, soit contre des obstacles fixes.

La direction du choc est déterminée et les vitesses du ou des véhicules exactement connues. Les mouvements des mannequins sont enregistrés par des caméras à vitesse de défilement élevée.

Nous avons retenu un certain nombre de ces données expérimentales.

- Quel que soit le type de choc, le mannequin est projeté dans la direction dans laquelle s'exerce la force créée par le choc, en avant s'il s'agit d'un choc frontal, latéralement et du côté du choc s'il s'agit d'un choc latéral.

En accident réel, le choc est rarement parfaitement centré. La direction de la force n'est pratiquement jamais parallèle à l'axe du véhicule. De même en choc latéral sur un véhicule en mouvement, il existe deux composantes, l'une latérale, l'autre frontale correspondant à la décélération. La projection se fera donc dans la direction de la résultante de ces deux forces.

- Il existe d'autre part, un décalage entre le début du choc (moment où le véhicule entre en contact avec l'obstacle) et l'amorce du mouvement de l'occupant. Ce décalage est de l'ordre de 60 à 80 millisecondes, à ce moment les déformations du véhicule sont maximum.

- L'accélération subie par le mannequin est d'abord linéaire, le corps se déplace tout entier, et proportionnelle à la décélération du véhicule. Mais un autre type d'accélération angulaire cette fois, intervient. Elle correspond aux déplacements relatifs des segments corporels (tête par rapport au tronc - thorax par rapport au bassin) la valeur de cette accélération étant plus élevée que celle de l'accélération globale.

En choc frontal, on a pu observer la séquence suivante :

- Le mannequin occupant la place du conducteur est non retenu, dans un premier temps, il y a glissement du bassin vers l'avant avec choc des genoux ou engagement sous le tableau de bord. Dans un second temps, le bassin est soulevé (mouvement favorisé par le cabrage du véhicule), la tête heurte le haut du cadre de pare-brise. Il y a impact de l'abdomen sur le volant au niveau de la jante, puis flexion du thorax avec également choc contre le volant.

Les mouvements des membres supérieurs sont très difficiles à définir. Il semble exister chez le mannequin, une phase d'élévation des deux membres supérieurs.

La cinématique du passager avant au cours du choc frontal est peu différente. L'éloignement relatif de la planche de bord explique que le choc se produise plus tard avec une vitesse un peu plus élevée. Le choc thoracique a lieu contre le tableau de bord.

Si le choc est frontal décalé, l'occupant est projeté dans l'angle de l'habitacle avec possibilité d'engagement entre volant et portière (s'il s'agit d'un conducteur et pour un choc décalé à gauche). De même le passager avant peut venir au contact du volant si le choc est décalé à gauche.

En choc latéral, lorsque le choc est réalisé du côté du mannequin, il y a peu ou pas de déplacement du corps, celui-ci se trouvant pratiquement au contact de la paroi latérale.

L'accélération angulaire de la tête par rapport au tronc est par contre importante. Ainsi sont réalisées des hyperflexions latérales de la colonne cervicale. Ce type de mouvement est physiologiquement de très faible amplitude et la limite de tolérance très vite atteinte.

En choc arrière, le corps subit une accélération avec déplacement vers l'avant, la tête demeurant en arrière du fait de sa forte inertie, il y a création d'un mouvement d'hyperextension. Secondairement, la force d'inertie étant vaincue, la tête est projetée vers l'avant avec cette fois, hyperflexion sur le thorax. L'ensemble réalisant le classique " whiplash ".

4.2. Eléments à l'origine des lésions

4.2.1. Généralités

Nous étudierons successivement les éléments susceptibles de créer des lésions au niveau des différents segments corporels.

Nous envisagerons successivement :

- la tête
- la colonne cervicale
- les membres supérieurs
- le thorax
- la colonne dorso-lombaire
- le bassin et les viscères abdominaux

- le segment proximal du membre inférieur (genou compris)
- le segment distal du membre inférieur

Les éléments impliqués dans la création des lésions ont été différenciés en :

- éléments appartenant à l'habitacle

On retrouvera essentiellement les parois : portes, montants et pare-brise, ainsi que les éléments nécessaires à la conduite, volant, levier de vitesse, pédalier. Sont également classés dans cette rubrique les autres occupants du véhicule dans la mesure où ceux-ci sont susceptibles d'une part de créer des lésions, d'autre part d'aggraver l'intensité du choc par la poussée qu'ils peuvent exercer.

- éléments extérieurs à l'habitacle

Il s'agira - soit d'éléments appartenant au véhicule et ayant pénétré dans l'habitacle à la suite des déformations consécutives au choc - on retrouvera essentiellement des capots moteurs ;

- soit encore, il s'agit d'éléments étrangers au véhicule qui peuvent appartenir au véhicule antagoniste (cas en particulier des poids lourds et des véhicules à plate-forme. Soit faire partie de l'environnement. Entrent aussi dans cette catégorie les éjections.

4.2.2. Eléments à l'origine des lésions crânio-cérébrales

51 personnes occupant les véhicules analysés étaient porteuses de lésions crânio-cérébrales, soit fractures du crâne, soit hémorragie méningée ou dégât de la matière cérébrale. Pour 47 d'entre elles, les lésions ont pu être associées à des impacts.

La répartition est la suivante :

4.2.2.1. Eléments appartenant à l'habitacle

Il s'agissait dans 5 cas des montants, soit ceux de pare-brise, soit ceux des portières et dans ces cas, il s'agissait probablement de projection fronto-latérale, soit par choc latéral, soit par choc frontal décalé.

Sans 4 cas, le contact avec le toit a pu être incriminé. Il s'agissait de retournement. 3 chocs ont eu lieu contre le pare-brise ou sa jonction avec le toit du véhicule. Ces éléments ont été facilement mis en cause grâce à l'aspect caractéristique des plaies parfois souillées de débris de verre.

Dans deux cas, la lésion est due au choc contre le volant, la colonne de direction étant remontée au cours de l'accident.

On note également deux cas de lésions occipitales par projection du passager arrière.

Enfin, une lésion a été créée à la suite du choc contre le hayon d'un véhicule de type break. Il s'agissait dans ce cas d'un passager arrière.

4.2.2.2. Eléments extérieurs à l'habitacle

On note que 10 lésions crânio-cérébrales ont été consécutives à des éjections, l'élément créant les lésions étant la plupart du temps le contact avec le sol, plus rarement contact avec des éléments de l'environnement immédiat : glissière de sécurité, autre véhicule.

Dans 11 cas, il s'agissait de la pénétration dans l'habitacle d'une partie du véhicule antagoniste, poids lourds en particulier.

Plus rarement, l'objet impacté faisait partie d'un obstacle fixe étroit (3 cas) faisant intrusion dans l'habitacle (en général en choc latéral et avec des déformations importantes).

Enfin, et dans 6 cas, il s'était agi d'impact contre le capot moteur du véhicule, détaché en début de choc et faisant irruption dans l'habitacle.

Nous avons donc constaté que les blessures graves de la tête sont fréquemment causées par des éléments extérieurs à l'habitacle (30 cas sur 47 soit 64 %), et n'appartenant pas dans la plupart des cas au véhicule impliqué (24/47 soit 50 %).

Ce type de mécanisme lésionnel impliquant des éléments extérieurs à l'habitacle est habituellement retrouvé en choc frontal.

Les chocs frontaux sont en effet très souvent décalés, les véhicules antagonistes se détruisant mutuellement une partie de l'habitacle, ce qui favorise l'intrusion d'éléments extérieurs.

En choc frontal pur contre obstacle fixe étroit par exemple, l'habitacle est habituellement déformé, mais non détruit. Il n'y a généralement pas de pénétration, c'est ici

la décélération qui intervient dans la création des lésions par projection des occupants sur les éléments intérieurs à l'habitacle.

Un autre mécanisme est fréquent : il s'agit de la pénétration dans l'habitacle du véhicule impliqué d'éléments hauts-situés du véhicule antagoniste (poids-lourd camionnette) ces éléments surélevés entrant en contact avec le véhicule au-dessous du niveau de la ceinture de caisse. La rigidité de l'habitacle étant minime à ce niveau, la pénétration est facile.

La pénétration du capot moteur par la baie de pare-brise est également un phénomène fréquent, particulièrement lors des chocs frontaux décalés. A ce sujet, il est intéressant de noter que les capots ouvrant d'arrière en avant pénètrent plus facilement. En effet, la serrure s'ouvre généralement au début des déformations alors que les charnières résistent beaucoup mieux.

4.2.3. Éléments à l'origine des lésions cervicales

Il s'agit le plus souvent de fractures des vertèbres cervicales et dans un cas d'hémorragie au niveau cervical, certaines d'entre elles survenant sans impact, par un mécanisme d'hyperflexion ou d'hyperextension forcée.

18 sujets occupants des véhicules étudiés présentent des lésions cervicales, dans 15 cas il a été possible de mettre en évidence le mécanisme de ces lésions.

4.2.3.1. 4 sujets présentent des lésions sans impact. Les fractures des vertèbres cervicales étant consécutives à des mouvements forcés du segment céphalique par rapport au segment thoracique. Pour les autres sujets, la répartition des impacts est la suivante.

4.2.3.2. Éléments intérieurs à l'habitacle

Dans deux cas, le choc contre le haut du pare-brise a pu être mis en évidence.

Un choc a eu lieu contre une colonne de direction remontée dans l'habitacle au cours de la déformation du véhicule.

Dans deux cas, la lésion a eu pour origine la projection du passager arrière.

Un cas plus particulier consiste en la projection du chargement (sac de pommes de terre, sur le passager avant).

Dans les cas de choc contre pare-brise ou colonne de direction, on peut penser que la lésion est due à une hyperextension du rachis cervical, la tête se trouvant bloquée, le thorax continuant sa poussée.

A l'inverse, la projection des passagers arrière avec impact occipital crée une hyperflexion du rachis cervical.

En ce qui concerne la projection du chargement deux hypothèses sont possibles. Soit il y a projection au niveau thoracique et création d'un mouvement composé, hyperextension suivie d'hyperflexion (whiplash) - on se retrouve dans les conditions d'un choc arrière - soit la projection se fait à un niveau plus élevé, le contact avec la tête créant une hyperflexion forcée.

4.2.3.3. Eléments extérieurs à l'habitacle

Il s'agit d'éjections dans 4 cas. Les mécanismes des lésions cervicales lors des éjections ont été décrits par ailleurs.

Dans un cas, il s'agit de l'intrusion d'un véhicule antagoniste en choc latéral. Il n'y a pas eu d'impact cervical, mais un mouvement d'hyperflexion latérale favorisé par l'inertie du segment céphalique, le segment thoracique étant fixe au contact de la pénétration latérale.

4.2.4. Eléments à l'origine des lésions du thorax

- le volant a été mis en cause dans 29 cas.
- le tableau de bord paraît responsable de la création de 9 lésions.

- Dans un cas, il s'agit d'un choc contre le montant de portière en choc latéral. Volant et tableau de bord se partagent la presque totalité des impacts thoraciques.

On peut noter que le rapport impacts sur le volant sur impacts tableau de bord est pratiquement superposable au rapport conducteurs/passagers avant.

Ceci semble donc bien en accord avec les notions théoriques. En effet, dans ce cas, la plupart des impacts ont pu être objectifs soit par la présence de plaques parcheminées reproduisant les contours, soit du volant, soit d'éléments du tableau de bord (boutons de boîte à gants), soit à l'examen du véhicule par la constatation de déformations du volant (en parapluie), déformation qui n'a pu être créée que par la poussée de l'occupant. Ces contacts avec les volants sont particulièrement vulnérants du fait de la rigidité des branches sur certains modèles, de l'absence de padding sur les moyeux souvent très protubérants.

Enfin, il faut signaler que parmi les véhicules accidentés, certains étaient équipés de colonnes de direction télescopiques qui dans un cas n'a pas fonctionné.

4.2.4.2. Eléments extérieurs à l'habitacle

3 cas sont des éjections.

Dans 10 cas, il s'agit de pénétration soit d'obstacles fixes divers soit du véhicule antagoniste.

L'éjection, nous l'avions déjà constaté n'est que rarement responsable des lésions thoraciques. Parmi les 3 cas cités, deux correspondent à un franchissement par le véhicule lui-même.

Parmi les obstacles pénétrants, on note une extrémité de glissière de sécurité et une planche entreposée dans un chantier dans lequel le conducteur s'est introduit par erreur.

Il faut noter que à l'inverse des lésions crânio-cérébrales, la grande majorité des lésions thoraciques ont pour origine des éléments intérieurs à l'habitacle des véhicules, ce qui pose le problème de l'aménagement de ces habitacles et également de la contention des occupants.

4.2.5. Eléments à l'origine des lésions de la colonne dorso-lombaire

Ces lésions sont peu fréquentes, cinq personnes seulement présentaient de telles fractures.

4.2.5.1. Deux lésions sont consécutives à des éjections aggravées de franchissement dans un cas.

4.2.5.2. Les autres cas se répartissent ainsi :

- Un choc contre le pavillon déformé en retournement
- un impact contre l'armature d'un siège métallique non protégé
- Enfin dans le dernier cas, il s'agit d'un individu ceinturé impliqué dans un choc frontal. Il y a eu projection du passager arrière. On peut ici incriminer la ceinture de sécurité, la fracture dorsale étant probablement consécutive à la retenue par la sangle thoracique portée lâche.

La ceinture était d'autre part d'un modèle non homologué. Les points d'ancrage étaient situés de manière peu orthodoxe.

4.2.6. Eléments à l'origine des lésions de l'abdomen et du bassin

Dix-sept personnes présentaient des lésions de l'abdomen ou du bassin. Nous avons surtout pris en compte les fractures du bassin, les lésions des viscères abdominaux, surtout foie et rate ayant à l'origine les mêmes éléments que les lésions thoraciques (traumatismes thoraco-abdominaux).

En ce qui concerne les lésions osseuses, il faut se souvenir que les fractures en particulier du cotyle ont parfois pour origine un impact à distance au niveau du genou par exemple ; alors que d'autres sont consécutives à des chocs directs. Dans 14 cas, les impacts responsables ont été retrouvés.

4.2.6.1. Eléments de l'habitacle

Il s'agit dans 3 cas de chocs sur volant

On note également deux impacts contre l'intérieur des portes en choc latéral

Enfin dans 4 cas, il s'agissait de choc contre le tableau de bord.

Les fractures relevées lors des chocs contre le volant ou les portières, relèvent d'un mécanisme direct : la fracture est sous-jacente à l'impact.

En effet, la position très horizontale et la rigidité des volants de poids lourds, ainsi que la position de conduite favorisant la projection vers le haut et vers l'avant, expliquent la possibilité de lésions du bassin.

4.2.6.2. Eléments extérieurs à l'habitacle

Il s'agit d'éjection dans deux cas

Dans trois cas il y a eu pénétration dans l'habitacle d'un obstacle fixe

Il s'agit de deux chocs latéraux gauches contre un obstacle fixe étroit, pénétrant profondément dans l'habitacle pour venir au contact de l'occupant.

Le dernier cas correspond à l'intrusion d'une glissière de sécurité pénétrant dans l'habitacle par l'espace libre situé entre le moteur et la roue avant gauche.

4.2.7. Lésions des membres inférieurs

4.2.7.1. Lésions de la partie proximale des membres inférieurs

Pour 27 personnes présentant des lésions des membres inférieurs, on a pu retrouver les éléments qui ont créé les lésions.

4.2.7.1.1. Il s'agit dans 13 cas d'impact contre le tableau de bord ou la colonne de direction. Les lésions relevées sont des fractures soit de la rotule, soit du fémur.

Les premières sont probablement consécutives à des forces exercées selon l'axe de la cuisse et s'accompagnent parfois de lésion du cotyle.

Les fractures du fémur ont à l'origine un mécanisme de flexion forcée par exemple lorsque le bassin s'élève, le fémur reste fixé sous le tableau de bord.

4.2.7.1.2. Dans 4 cas, il s'agit d'éléments extérieurs à l'habitacle

l'éjection est en cause dans un cas
Les cas restant relèvent d'un mécanisme direct de choc contre obstacle pénétrant en choc latéral.

4.2.7.2. Lésions de la partie distale des membres inférieurs

13 personnes ont présenté des lésions de ce type à l'origine desquelles on retrouve les éléments suivants :

- une fracture de jambe est consécutive à une éjection
- Les autres lésions de la jambe ou du pied, dont le mécanisme a pu être précisé sont dues à un impact à l'intérieur de l'habitacle.

La répartition est la suivante :

- Dans 6 cas, il y a eu soit transmission d'effort par le plancher déformé, soit torsion dans les éléments du pédalier.
- Dans 4 cas, il s'agissait de choc contre le dessous du tableau de bord
- Dans un cas d'un choc contre le siège avant.

La fracture du pied d'un passager arrière a été créée par incarceration sous la traverse du siège avant.

4.2.8. Lésions des membres supérieurs

Comme le montre l'expérimentation sur modèle humain, les mouvements des membres supérieurs au cours d'un choc sont difficiles à systématiser. En accident réel, on peut imaginer le geste de défense avec appui de la main sur la planche de bord, mais ce mouvement est rapidement dépassé dès que les forces mises en jeu sont importantes. Les possibilités de contact sont multiples, de même que les mécanismes : choc direct, hyperflexion, torsion axiale etc...

4.3. Conclusion

L'examen simultané des lésions et des éléments des véhicules joint à l'étude expérimentale de la cinématique des mannequins nous permettent d'avoir une idée assez précise du comportement de l'occupant au cours de l'accident et de mettre en évidence la relation lésion - élément vulnérant.

L'étape suivante est bien entendu celle de la prévention et déjà, sans parler des systèmes de contention, il apparaît qu'un meilleur design des habitacles des véhicules automobiles contribuerait à augmenter la sécurité.

Ainsi, le padding des volants et tableaux de bord, les branches souples, les colonnes télescopiques diminueraient probablement la gravité des lésions thoraciques et du bassin.

De même, l'augmentation de la rigidité de l'habitacle spécialement au niveau des flancs et du toit diminuerait les déformations et les risques de pénétration d'obstacle.

5. ETUDE A PRIORI

5. ETUDE A PRIORI

5.1. Définition - Généralités

Les lésions présentées par les individus constituant notre échantillon étant analysées, les véhicules examinés et, dans un certain nombre de cas la corrélation blessure - agent vulnérant ayant été prouvée, il nous a paru intéressant d'essayer d'apprécier les bénéfices que les occupants auraient retiré - toutes autres caractéristiques demeurant constantes - de l'application à leurs véhicules de dispositifs de sécurité.

Nous avons limité le choix à quelques dispositifs dont les performances sont connues.

- Il s'agit d'une part des systèmes de contention : ceinture de sécurité et siège de retenue pour enfants, appliqués aussi bien aux occupants des places avant qu'aux passagers arrière.

Il n'existe en effet parmi les sujets autopsiés que deux porteurs de ceintures, la première était d'un modèle non homologué, la seconde non adaptée à la morphologie de l'occupant (taille très en dessous de la moyenne) ce qui nous amènera à poser le problème de l'ergonomie des ceintures.

Nous présumerons dans cette étude le port d'une ceinture homologuée parfaitement mise en place et réglée en fonction de la morphologie de l'usager.

- Le second système retenu est le renforcement des structures du véhicule, particulièrement au niveau de l'habitacle (parois latérales et pavillon). L'intérêt de ce système est évident, particulièrement lors des chocs latéraux ou des retournements dans lesquels, les déformations de l'habitacle sont souvent considérables, même pour des chocs d'intensité moyenne.

Nous incluons dans ce système, l'adoption de serrures de sécurité qui ont pour mérite d'éviter l'ouverture des portes lors des déformations empêchant ainsi l'éjection par la portière (phénomène fréquent) dont il n'est plus nécessaire de souligner la gravité.

- Enfin, nous envisagerons un système de sécurité concernant l'ensemble volant-colonne de direction : au niveau du volant padding de la jante et du moyeu ; colonne sinon télescopique, du moins équipée d'un dispositif empêchant sa remontée dans l'habitacle - phénomène fréquent en choc frontal et souvent à l'origine de lésions graves de la tête et du thorax.

5.2. Choix de l'échantillon - Méthodologie

Nous avons retenu pour cette étude 85 cas. Les cas éliminés l'ont été pour deux raisons : soit il s'agissait d'insuffisance d'information concernant le véhicule et le déroulement de l'accident, soit il s'agissait de chocs très complexes, la multiplicité des contacts rendant aléatoire toute tentative d'explication des mécanismes lésionnels.

La façon de procéder est la suivante :

Nous avons groupé les individus en fonction de la direction du choc. Il existe comme nous le verrons une certaine unité dans la distribution des dispositifs correcteurs à l'intérieur de ces groupes.

Nous envisagerons donc successivement les chocs frontaux, les chocs latéraux et les retournements. Un chapitre sera consacré à l'éjection. En effet, les mécanismes lésionnels sont dans ce cas, sans rapport avec la direction du choc initial.

De plus, nous étudierons séparément les lésions en fonction de leur localisation au niveau des différents segments corporels.

Dans une première phase, chaque lésion mortelle ou grave est affectée d'une " correction " par l'un des systèmes envisagés.

Secondairement, on tentera d'estimer le gain global obtenu au niveau de l'individu.

Le gain estimé sera soit considéré comme nul si aucun des dispositifs choisis n'est susceptible d'empêcher le décès de l'occupant.

- Soit il est positif - l'individu est sauf mais peut cependant recevoir des lésions graves.

- Soit on peut considérer que l'usager ainsi protégé sortirait indemne ou très légèrement blessé de l'accident.

Cette étude peut paraître relever de la fiction spéculative. Cependant, la connaissance des mécanismes lésionnels acquise aussi bien par l'étude multidisciplinaire des accidents réels que par l'expérimentation sur modèle humain, nous permet de proposer ces systèmes et d'apprécier leurs résultats virtuels avec de bonnes chances d'être près de la réalité.

5.3. Etude à priori des systèmes susceptibles d'être efficaces en choc frontal

51 cas ont été conservés pour cette étude. Les 6 sujets manquant ont subi des lésions, difficilement expliquables et il n'est pas possible d'étudier une protection éventuelle de ces individus.

Parmi les 51 sujets, les lésions graves se répartissent ainsi :

- 31 lésions crânio-cérébrales
- 33 lésions thoraciques
- 12 lésions cervicales
- 1 lésion de la colonne dorso-lombaire
- 11 lésions du bassin
- 22 lésions de l'abdomen
- 1 lésion du membre inférieur

5.3.1. Les lésions crânio-cérébrales

14 de ces lésions sont considérées comme inévitables par les systèmes envisagés. 7 d'entre elles sont d'ailleurs associées à des lésions thoraciques, elles-mêmes " hors protection ".

Ces cas gravissimes correspondent soit à des chocs frontaux contre poids lourds (3 cas) ou contre obstacle fixe avec déformations majeures de l'habitable (4 cas).

Pour les 7 cas restant, même si l'intensité du choc n'a pas été majeure, l'occupant n'aurait pu être sauvé par les moyens envisagés.

Cas n° 1 : il s'agit d'une femme de très petite taille (1m 49). Le positionnement de la ceinture ne permettant pas d'adapter les sangles sur un individu de cette taille, celles-ci sont demeurées lâches et n'assuraient pas la contention.

Cas n° 2 : il s'agit d'un passager arrière d'un véhicule à 5 portes dont le hayon très incliné était pratiquement au contact de la tête de l'occupant.

Le 3ème cas est plus particulier et relève du hasard. Il s'agit de la pénétration d'un pieu de clôture à travers le pare-brise après sortie de route à faible vitesse.

Les 4 autres cas sont des chocs contre poids-lourds avec pénétration dans l'habitacle des éléments surélevés du véhicule antagoniste. La masse de l'obstacle étant trop élevée pour qu'on puisse envisager des structures supérieures assez résistantes.

Par contre, 17 personnes auraient bénéficié de la présence de l'un ou de plusieurs des dispositifs envisagés.

13 lésions crânio-cérébrales auraient été évitées par le port de la ceinture de sécurité, soit douze ceintures avant et une arrière.

Dans deux cas, il aurait fallu en plus de la ceinture avant, une ceinture évitant la projection du passager arrière, projection qui est à l'origine de la lésion.

Une lésion contre colonne de direction remontée aurait pu être évitée par la modification de celle-ci.

Le seul enfant de cette étude tué en choc frontal serait probablement indemne s'il avait été maintenu dans un siège de sécurité.

Le dernier cas nécessitait la présence d'un renfort de toit, celui-ci ayant été amené au contact de la tête du conducteur au cours de l'accident.

5.3.2. Les lésions du thorax

Parmi les 33 sujets présentant des lésions thoraciques à la suite de chocs frontaux, 8 sont considérés comme non protégeables.

7 cas ont été expliqués précédemment.

Le 8ème correspond à un choc frontal sur un arbre pénétrant jusqu'à la moitié de l'habitacle (VDI 9).

Dans 11 cas, les lésions thoraciques pouvaient être évitées par le port de la ceinture seule pour (8) conducteurs, deux passagers avant, trois passagers arrière. Pour les 12 cas restant concernant tous des conducteurs, l'efficacité de la ceinture aurait du se compléter d'un aménagement du système volant-colonne de direction empêchant le recul et la remontée de l'ensemble et amortissant un choc éventuel.

Deux cas particuliers sortant du cadre de cette étude méritent cependant d'être signalés. Il s'agit de deux occupants d'un même véhicule ayant heurté en choc frontal un obstacle fixe étroit. Malgré la faible intensité du choc, les deux usagers présentaient des lésions thoraciques graves probablement dues à la projection du chargement (sac de pommes de terre) les catapultant contre les éléments avant de l'habitacle. C'est dire la nécessité d'un arrimage soigneux de telles charges.

5.3.3. Lésions de la colonne cervicale

Elles concernent 12 sujets.

- Dans deux cas ces lésions paraissent inévitables du fait de la destruction pratiquement complète de l'habitacle.

- Trois lésions cervicales auraient pu être évitées par le port de la ceinture chez le conducteur.

- Dans trois cas il aurait fallu associer ceinture et aménagement du système de direction.

Enfin, chez trois occupants des places avant, les lésions ont été manifestement créées par le télescopage de la tête des passagers arrière, ce qui aurait pu être évité par la présence de ceintures aux places arrière.

5.3.4. Lésions du bassin et de l'abdomen

Ces lésions sont associées dans six cas et cinq d'entre elles paraissent inévitables au vu des déformations de l'habitacle.

Le sixième cas présente des lésions complexes et difficiles à rattacher aux éléments du véhicule.

Cinq personnes présentent des lésions isolées du bassin. Deux d'entre elles n'auraient pu être protégées par

les dispositifs envisagés. Il s'agissait d'un cas de pénétration d'une cabine avancée sur un poids lourd.

Parmi les trois sujets restant, deux auraient bénéficié du port de la ceinture, l'autre de l'amélioration du système de direction sur un poids lourd.

Les lésions isolées de l'abdomen sont retrouvées chez 16 personnes parmi lesquelles trois n'auraient pas bénéficié des systèmes retenus.

- 9 sujets auraient été protégés par le port d'une ceinture, soit 8 aux places avant et une aux places arrière.

- Dans 4 cas, il aurait fallu associer port de ceinture et modification de la colonne de direction.

5.3.5. Lésions graves du membre inférieur

Une seule lésion importante a été relevée dans cette étude. Il s'agit d'une rupture de l'artère fémorale par les replis de tôle d'un habitacle de poids lourd totalement détruit.

5.3.6. Conclusion : amélioration provoquée par l'utilisation des systèmes de sécurité envisagés en choc frontal.

Si on considère les 51 personnes tuées en choc frontal, on peut penser que 22 d'entre elles n'auraient pas survécu malgré l'utilisation des dispositifs de sécurité envisagés.

Par contre, 29 personnes auraient bénéficié de cette protection.

Pour 7 d'entre elles, la situation serait devenue franchement favorable : sujet indemne ou peu blessé

Pour les 22 restant, la situation ne serait qu'améliorée et ces individus seraient probablement blessés gravement

Un élément de sécurité semble prépondérant, il s'agit de la ceinture de sécurité associée dans 18 cas à un ou plusieurs autres dispositifs.

- ceinture avant 9
- ceinture arrière 2
- ceinture avant + ceinture arrière 5

- ceinture avant + colonne + volant 10
- ceinture avant + renfort de toit 2
- siège d'enfant 1

5.4. Etude à priori des systèmes susceptibles d'être efficaces en choc latéral

Cette étude porte sur 11 personnes tuées au cours d'accidents avec choc latéral. La répartition des lésions graves est la suivante :

- lésions crânio-encéphaliques 10
- lésions du thorax 8
- lésions du cou 4
- lésions du bassin 4
- lésions de l'abdomen 5

5.4.1. Les lésions crânio-encéphaliques

4 sujets présentaient des lésions massives tout à fait inévitables du fait de la pénétration de l'obstacle dans l'habitacle. (Il s'agissait dans deux cas d'un arbre, dans un cas d'un poids lourd, dans le dernier cas d'une glissière de sécurité).

Trois de ces quatre personnes présentaient également des lésions thoraciques impossibles à éviter.

Six personnes auraient été protégées par les systèmes proposés.

Trois conducteurs auraient bénéficié du port de la ceinture de sécurité.

Deux d'entre eux ayant été projetés en avant par la composante frontale du choc, le troisième ayant heurté la paroi latérale droite, après avoir traversé tout l'habitacle.

Dans un cas, il aurait fallu associer port de ceinture et renfort de toit. Deux passagers auraient pu être protégés par la présence d'un renfort latéral. L'un deux un enfant passager arrière aurait en plus du être maintenu dans un siège de sécurité.

5.4.2. Les lésions du thorax

Trois des 8 lésions thoraciques apparues en choc latéral dépassaient les possibilités de protection des dispositifs envisagés. Il s'agissait des sujets précédemment cités, présentant en plus des lésions de la tête dues à la pénétration de l'obstacle.

Parmi les cinq sujets susceptibles d'être protégés, quatre auraient évité l'impact sur le volant (composante axiale) par le port de la ceinture de sécurité associée dans un cas à la présence d'un renfort latéral (la lésion thoracique ayant été créée par les replis latéraux de l'habitacle déformé).

5.4.3. Lésions de la colonne cervicale

Elles sont présentées chez quatre sujets et paraissent inévitables pour trois d'entre eux.

Dans deux cas, le véhicule était complètement détruit.

Dans un cas, l'hyperflexion latérale de la tête par la vitre ouverte constitue un mécanisme peu fréquent mais peu susceptible d'être évité.

Enfin, l'association d'un renfort latéral et du port de la ceinture de sécurité paraît être capable d'empêcher la création des lésions chez le quatrième sujet.

5.4.4. Lésions du bassin et de l'abdomen

Deux des quatre lésions du bassin sont associées à des atteintes abdominales.

Trois autres sujets ont subi des lésions abdominales sans atteinte du bassin.

Parmi ces sept sujets, deux n'auraient pas pu bénéficier d'une protection satisfaisante du fait de la destruction latérale de l'habitacle. Quatre d'entre eux auraient bénéficié de la présence d'un renfort latéral.

Le dernier occupant de la place avant du côté opposé au choc aurait bénéficié du port de la ceinture évitant la projection en avant (composante axiale).

5.4.5. Quels bénéfices auraient apporté ces aménagements en choc latéral ?

Trois personnes sur onze auraient du sortir indemnes ou légèrement blessées de l'accident.

- Un sujet placé du côté opposé au choc aurait bénéficié de ces mesures tout en conservant de fortes probabilités d'être sérieusement blessé.

- Les sept autres individus n'auraient pas survécu malgré les aménagements envisagés. Il s'agissait en général de choc de grande intensité avec destruction presque complète du véhicule ou pénétration profonde de l'obstacle.

5.5. Etude à priori des systèmes susceptibles d'être efficaces lors des retournements

Sont pris en compte dans ce chapitre les retournements sans collision initiale et n'ayant pas donné lieu à une éjection. Ceci réduit à six le nombre de cas.

Tous les individus impliqués dans ce type d'accident présentaient des lésions graves de la tête liées aux déformations importantes des véhicules.

Deux de ces sujets ne paraissent pas pouvoir être protégés par les dispositifs envisagés.

En effet, le port de la ceinture ne peut éviter le contact de la tête avec le pavillon, de plus le pavillon peut difficilement être renforcé de façon telle qu'il puisse résister à des chocs aussi violents.

Dans un cas, le sujet présente outre les lésions du crâne, une atteinte de l'abdomen ; la déformation n'étant pas majeure on peut penser qu'un renfort de toit associé au port de la ceinture aurait pu sauver ce sujet tout en laissant subsister la possibilité de blessures graves.

Pour les trois cas restant, les véhicules n'étant que peu déformés, on peut supposer que les occupants auraient été sauvés par l'association ceinture renfort de toit.

En conclusion, parmi les six personnes tuées en retournements :

- deux sont hors protection
- une sauvée mais gravement blessée
- trois sauvées, mais légèrement blessées.

5.6. Etude à priori des systèmes susceptibles de diminuer la gravité de l'éjection

14 personnes ont été tuées lors d'éjections secondaires. La direction de choc étant frontale dans sept cas, latérale et arrière dans deux cas. Dans cinq cas il s'agissait de retournements.

Toutes les victimes auraient bénéficié du port de la ceinture de sécurité soit onze passagers avant et trois passagers arrière.

Dans onze cas, la ceinture seule aurait pu sauver les usagers impliqués, en les maintenant dans le véhicule. Les déformations de ces véhicules étaient en effet généralement faibles et les autres occupants indemnes.

Pour les trois autres sujets tués en retournement, il existait des déformations du pavillon et il paraît logique d'associer à la ceinture la présence d'un renfort de toit.

5.7. Conclusion

L'objectif de cette étude était de tester à priori l'efficacité des dispositifs choisis.

Seuls 85 cas ont été retenus pour cette étude, le manque de connaissances concernant le déroulement de l'accident n'ayant pas permis de faire des hypothèses concernant les 15 cas restant.

On peut considérer que 51 personnes impliquées dans des accidents concernant des véhicules équipés des dispositifs proposés auraient survécu.

Par contre, 30 des sujets étudiés n'auraient pas survécu malgré l'utilisation des systèmes envisagés, soit que l'accident soit de trop forte intensité et le véhicule pratiquement détruit, soit que la protection des accidents nécessite des dispositifs ne faisant pas partie de ceux envisagés.

Enfin, trois cas sont demeurés sans solution, l'accident étant trop complexe, la cinématique de l'accidenté n'a pu être reconstituée précisément ; il devient alors impossible de proposer un système de protection.

En étudiant plus particulièrement les divers types de choc, on remarque que le gain escompté est légèrement supérieur en choc frontal. Deux explications sont possibles : les cas de mort en choc latéral de notre échantillon relevaient pour la

plupart de choc à haute intensité, souvent sur obstacle fixe dont on a déjà constaté l'agressivité.

Enfin, il est évident que les parois latérales des véhicules automobiles sont beaucoup moins résistantes que l'ensemble des structures avant, et qu'à vitesse égale, les déformations sont beaucoup plus importantes en choc latéral. De plus, la ceinture de sécurité présente une efficacité maximum, lors des chocs frontaux, en choc latéral du côté de l'usager, la ceinture n'évite pas le contact avec la paroi latérale ni à fortiori avec les obstacles pénétrants.

La faiblesse de l'échantillon en retournements ne nous permet pas d'apprécier le gain éventuel.

Lors des éjections par contre le gain escompté est maximum. Il faut noter que tous les chocs ayant donné lieu à des éjections étaient dans cet échantillon des chocs peu violents, ce qui explique que le résultat soit si optimiste.

	GAIN 0	GAIN = 0
Choc frontal 51	57 % 29	43 % 22
Choc latéral 11	36 % 4	64 % 7
Retournements 6	4	2
Ejections 14	100 % 14	0
Total * 82	62 % 51	38 % 31

* trois cas non déterminés

Tableau n° 1 : appréciation du gain obtenu en rapport avec le type de choc.

Choc frontal Gain > 0 pour 29 personnes sur 51	Ceinture avant	9
	Ceinture arrière	2
	Ceinture avant + arrière	5
	Ceinture avant + colonne + volant	10
	Ceinture avant + arrière + renfort latéral	1
	Ceinture avant + renfort de toit	1
	Siège d'enfant	1
Choc latéral Gain > 0 pour 4 personnes sur 11	Renforcement latéral	2
	Ceinture de sécurité	2
Retournement Gain > 0 pour 4 personnes sur 6	Renforcement des structures du toit associé au port de la ceinture	4
Ejection Gain > 0 pour 14 personnes sur 14	Ceinture avant	7
	Ceinture arrière	4
	Ceinture avant + renfort de toit	2
	Ceinture arrière + renfort de toit	1

Tableau n° 2 : récapitulation des contre-mesures

6. CONCLUSIONS

6. CONCLUSIONS

Trois notions fondamentales se sont révélées au cours de la réalisation de ce travail.

La première est l'intensité du problème des décès dus aux accidents du trafic et la nécessité de mettre en place des mesures de prévention.

Les recherches à ce niveau doivent être menées par des équipes multidisciplinaires.

La vérification anatomique des tués de la route doit devenir systématique.

Cette étude a porté à la fois sur des constatations anatomo-cliniques et sur des données techniques concernant les véhicules et le déroulement des accidents.

Les résultats obtenus sont de façon générale superposables à ceux des travaux similaires.

C'est ainsi que la victime de la route est le plus souvent de sexe masculin et âgé de 25 à 35 ans. Il faut cependant noter que la mortalité des usagers féminins est en augmentation constante depuis 10 ans, et que la mortalité est également importante pour les personnes impliquées âgées de plus de 60 ans.

La notion de " place du mort " n'a pas été vérifiée ici : le conducteur courant un risque mortel au moins égal à celui du passager avant. Mais l'échantillon de passagers avant était réduit.

L'indice de gravité important des accidents survenus la nuit, ainsi que l'augmentation du nombre de tués les dimanches et jours fériés sont également des notions classiques.

Enfin, le rôle de l'imprégnation alcoolique dans la genèse des accidents mortels n'est plus à démontrer, elle existerait dans 50 % des cas d'accidents mortels selon " l'American Insurance Journal ".

L'étude des véhicules a permis de dégager certaines notions peut être moins classiques.

C'est ainsi qu'on a constaté la gravité particulière des chocs contre certains types d'obstacles, soit les véhicules poids lourds et les obstacles fixes étroits.

L'utilisation du VDI pour apprécier la violence des chocs ne nous a pas permis d'établir une relation directe entre l'importance des déformations du véhicule et la gravité des lésions présentées par les occupants. Il faut rappeler qu'un VDI 5 en choc frontal correspond à une déformation allant jusqu'au pied du pare-brise, la même valeur du VDI en choc latéral correspondant à une destruction de la moitié de l'habitacle, l'espace de survie dans le second cas n'étant plus assuré.

De la même façon, il est difficile d'affirmer la gravité particulière de tel ou tel type de choc, les facteurs de gravité étant multiples.

Par contre, nous pouvons affirmer l'extrême gravité de l'éjection.

L'étude des lésions retrouvées à l'autopsie met en évidence une notion peu classique : celle de la grande fréquence des lésions du thorax qui viennent ici au premier rang.

Ceci est en contradiction avec les résultats des études consacrées à ce sujet. Deux explications peuvent être avancées ; d'une part, notre échantillon comportait une forte proportion de conducteurs, catégorie très exposée aux lésions thoraciques par impact sur le volant, d'autre part, la répartition des lésions relevées dans la littérature ne correspondent pas toujours à des constatations autopsiques.

On peut penser qu'un certain nombre de lésions du thorax échappent ainsi à la vigilance du chercheur.

Les lésions crânio-cérébrales sont fréquemment retrouvées et paraissent responsables de la majorité des décès immédiats. Elles sont plus souvent retrouvées lors des chocs latéraux et des retournements.

Les atteintes de la colonne cervicale sont fréquentes et graves, elles semblent particulièrement fréquentes chez les occupants éjectés.

L'étude des mécanismes lésionnels a permis de dégager les notions suivantes :

- la grande majorité des lésions sont consécutives à la " seconde collision " c'est à dire au choc du passager contre les éléments de son véhicule, voire ceux du véhicule antagoniste.

- Parmi ces cas, les éléments de l'habitacle sont généralement à l'origine des atteintes thoraciques, les lésions crânio-cérébrales étant le plus souvent consécutives à des impacts contre

des éléments extérieurs à l'habitacle.

A l'inverse, les lésions sans impact, entièrement imputables à la décélération sont rares. Il s'agit surtout de lésions cervicales.

Ces constatations nous ont conduit à proposer à postériori des systèmes de sécurité et de pratiquer une reconstitution fictive des accidents, les véhicules étant équipés de ces dispositifs.

La ceinture de sécurité solidarissant le passager à son véhicule, évite dans une certaine mesure le contact de l'occupant avec les éléments de l'habitacle, supprime l'accélération angulaire du thorax, diminue notablement le risque d'éjection.

Le renfort de structure latérale limite la déformation de l'habitacle et particulièrement l'abaissement du pavillon et abaisse le risque d'intrusion d'éléments extérieurs.

Enfin, l'aménagement de l'ensemble volant-colonne de direction (moyeu non contondant, branches souples, colonne non susceptible de reculer ou même colonne télescopique), limite les risques d'impacts thoraciques graves.

L'utilisation de ces dispositifs bien connus donc fiables, simples donc peu coûteux, permet d'espérer la survie de 60 % des individus impliqués dans cet échantillon d'accidents mortels. Ce chiffre peut paraître élevé et l'évaluation optimiste : elle ne tient pas compte du fait que certains individus sont décédés à la suite de circonstances exceptionnelles dont le renouvellement est statistiquement très improbable.

La grande majorité des accidents du trafic routier étant stéréotypés, on peut espérer grâce à l'application de mesures simples, enrayer l'extension du fléau que représentent les accidents du trafic routier.

B I B L I O G R A P H I E

- 1 - ALDMAN B.
 Biodynamic studies on impact protection
 Acta Physiologica Scandinavia - 1962 - Vol.56 - Sup.192

- 2 - BROOKS S.H. ; NAHUM A.M. ; SIEGEL A.W.
 Causes of injury in motor vehicle accidents
 Surgery, Gynec. Obst. Août 1970 - vol. 131 n°2

- 3 - BOURRET Paul ; ALAOUIE Nicole ; RAMBACH M.C. ; MARGAINE Michel ;
 COPPET Olivier (ONSER)
 A statistical survey and a methodology used to deal with the
 observations collected from 6000 road casualties
 15e Stapp Car Crash Conference 287-300

- 4 - BOHLIN, VOLVO
 L'intérêt de la ceinture de sécurité : Analyse statistique
 de 28000 cas d'accidents, leur intérêt d'imposer certaines
 contraintes aux occupants
 Section de la sécurité et de l'équipement intérieur
 Dpt. des études et réalisation pour voitures particulières.
 SA. VOLVO, Suède.

- 5 - BECKMAN D.L.
 Wayne State University Michigan
 " Pulmonary causes of death in traffic accidents "
 Annales - 4ème Congrès de Médecine et du trafic p. 73

- 6 - BANSHOYA J. ; OKOSHI H. ; ASANO S. ; OKAMOTO K.
 Development of Energy absorbing steering column assembly for
 small passenger cars
 11e Stapp Car Crash Conference 1967 - 113-127.

- 7 - BAKER S.P. ; SPITZ W.V.
 Age effects and autopsy evidence of disease in fatally
 injured drivers
 J.A.M.A. 9 Nov. 1970 - Vol 214 N° 6 - p. 1079 à 1088.

- 8 - BRIGHT E.F. ; BECK C.S.
 " Non penetrating wound to the heart
 American Heart Journal - 1935 - 10 - pp. 293

- 9 - CASTANG G. CESARI D.
 Considérations sur les lésions provoquées par les accidents
 de la route.
 Thèse - MARSEILLE 21 Juin 1956.

- 10 - CAMMACK F.
 " Deceleration injuries of the thoracic Aorta "
 Arch. of Surgery - Vol. 79 - Août 1959 - pp. 244-252.

- 11 - CROMACK J.R. ; WILLIAMSON T.R.
 Southwest Research Institute
 " Human Psychological Factors in Multidisciplinary Accident
 Investigations ".
 for presentation at the fifteenth Annual Conference of the
 American Association for Automotive Medicine
 21-23 Octobre, 1971 - p. 1 à 28.

- 12 - COURAUD L. ; SENEGAS J. ; BRUNETEAU A. , CHEVAIS R. ; DUPONT P.
 " Les ruptures diaphragmatiques traumatiques : expérience de
 28 cas ".
 La Presse Médicale, Vol. 77 n° 43 - Oct. 1969 - p. 1523 à 1526

- 13 - COERMANN R. ; DOTZAUER G. ; LANGE W. ; VOIGT C.
 " The effects of the Design of the Steering Assembly and the
 Instrument Panel on Injuries (especially aortic rupture)
 sustained by Drivers in Head-on Collision ".
 The Journal of Trauma - Vol. 12 n° 8 Août 1972 - p. 715 à 724.

- 14 - CESARI D. ; RAMET M.
 " Biomechanical study of side impact accidents ".
 Report on the 5th International Technical Conference on
 experimental safety vehicle - London - 4/7 Juin 1974.

- 15 - CHAMPETIER J. ; SARRAZIN R. ; MALLARD G.
 " La rupture de l'estomac au cours des traumatismes fermés
 de l'abdomen ".
 Journal de Chirurgie PARIS Déc. 1967 - T. 94 n° 6 - P.529-542.

- 16 - CHADENSON O. ; CROS O. ; LIARAS A. ; BRUNET E. ; TAIRRAZ JP. ; NEIDHART J.H.
 " Réflexions sur le traitement de 102 volets thoraciques mobiles ".
 Lyon Médical, 14 Mars 1971 - Vol. 225 n° 5 - p. 425 à 435.

- 17 - CESARI D. ; CHAPON A.
 " Données statistiques niveaux de tolérance humaine - tests d'impacts automobiles ".
 C.E.V.E. GT 3 - Réunion 7 et 8 février 1974.

- 18 - CAU G. ; FAURE J. ; GRUNWALD D. ; YACOUN M.
 " A propos de quelques lésions cardiaques survenant dans les suites d'un traumatisme thoracique fermé ".
 Annales de Médecine Légale - 1967 - Tome 47 - n° 2 - p.149 à 154.

- 19 - DANIEL R.P. ; PATRICK L.M.
 " Instrument Panel Impact Study "
 Proceedings of the 9th Stapp Car Crash Conference
 1966 - University Minnesota - p. 165 à 179.

- 20 - GURDJIAN E.S. ; THOMAS L.M. ; HODGSON V.R. ; PATRICK L.M.
 Impact Head Injury
 G.P. 1968 - Vol. 37 n° 2 - p. 78 à 87.

- 21 - GURDJIAN E.S. ; HODGSON V.R. ; THOMAS L.M.
 " Studies on mechanical impedance of the human skull
 J. of Biomechanics 1970 - 3.3. pp. 239 à 247.

- 22 - GIKAS P.W. ; HUELKE D.F.
 " Pathogenesis of fatal injury to rear seat occupants
 Proceedings of the 9th Stapp Car Crash Conference
 1966 - p. 355 à 361.

- 23 - GOGLER E.
 " Les accidentés du trafic routier "
 Documentation GEIGY - Bâle 1964.

- 24 - HELLSTROM G.
 " Closed Injury of the Liver : analysis of a series of 300 cases ".
 Acta Chirurgica Scandinavia - 1961 - n° 122 - p. 490 à 501.

- 25 - HOFFERBERTH J.E. ; DANFORTH J.P.
" Vehicle factors affecting occupant injury severity "
Williamsburg Conf. on highway safety research
Virginia - Nov. 29/30 et 1.12.1972.
- 26 - HUELKE D.F. ; GIKAS P.W.
" Causes of deaths in automobile accidents "
J.A.M.A. - Mars 1968 - vol. 203 n° 13.
- 27 - HUELKE D.F. ; GIKAS P.W.
" Investigations of fatal and non-fatal automobile accidents "
University of Michigan
From nineteenth annual convention of the american trial
lawyers association Miami Beach - 1965 - p. 396 à 403.
- 28 - HUELKE D.F. ; SHERMAN H.W.
" Automobile occupant ejection through the side door glass ".
SAE - 11-15 Janvier 1971.
- 29 - HUELKE D.F. ; CHEWING W.A.
" The energy absorbing steering column - A study of collision
performance in fatal or non-fatal accidents ".
Highway safety resarch Institute - 1968 - n° 7 - p. 1 à 55.
- 30 - HUELKE D.F.
" Extremity injuries produced in motor vehicles collisions ".
The Journal of Trauma - Vol. 10 - n° 3 - p. 189 à 200.
- 31 - HUELKE D.F.
" The second collision "
- 32 - HUELKE D.F. ; GIKAS P.W.
" Non intersectional automobile fatalities - A problem in
Roadway Design ".
Highway Reasearch Record 1967 - 152 - p. 103 à 118.

- 33 - HUELKE D.F. ; GIKAS P.W.
 " How do they die ? Medical engineering Data from on-scene investigations of fatal automobile accidents "
 SAE. 11-15 Janvier 1965 - p. 1 à 5.

- 34 - HUELKE D.F.
 " Reduction of automobile morbidity and mortality "
 Abstract

- 35 - LUDINGTON L.G. ; BOSXING A.S. ; MIGUEL A.
 " Rupture of left ventricle from blunt cardiac trauma "
 Annals of thoracic surgery. Août 1974 à Vol. 18 n° 2.

- 36 - MACKAY G.M. University of Birmingham
 " Some collisions aspects of british road accidents "
 Automobile Engineer - Octobre 1969 - vol. 59 n° 13 p; 500 à 503.

- 37 - MACKAY G.M. University of Birmingham
 " Injury and collisions severity "
 SAE. 680779 - Vol. 77 - p. 3108 à 3113.

- 38 - MACKAY G.M. ; TAMPEN I.D.
 " Field studies of rollover performances "
 SAE. 700417 - p. 969 à 977.

- 39 - MOORE John O.
 " A method to identify and control causes of injury and death in automobile accidents ".
 Automotive crash injury research - Sept. 1957 -
 Cornell university medical college.

- 40 - MERTZ H.J. ; PATRICK L.M.
 " Strenght and response of the human neck "
 Proceedings of the 15th Stapp Car Crash Conference
 197 paper 710852 - pp. 135 à 157.

- 41 - MOSELEY A. Harvard School Medical 1962-1963
 " Research on fatal highway collision "
 Recherche sur la pathogénie des accidents de la route
 L'Hoste - Juillet 1965.

- 42 - MONYHAN D.P.
 " Epidemic on the highways "
 The reporter Avril 1959 - p. 16 à 23.
- 43 - MONAHAN P.R.W. ; TAYLOR R.G.
 " Dislocation and fracture-dislocation of the pelvis "
 The british Journal of accident surgery - p. 325 à 333.
- 44 - MINE Th.
 " Quelques considérations sur les traumatismes non pénétrants
 de l'appareil cardio-vasculaire et leur incidence médico-
 légale ".
 Annales de Médecine Légale - 1964 - Tome XLIV n° 6 -
 p. 535 à 548.
- 45 - NAHUM A.M.
 " Impact tolerance of the skull and face ".
 Proceedings of the 12th Stapp Car Crash Conference - 1968 -
 paper 680785 - pp.302 à 316.
- 46 - NUNES A.M. ; LAIRES L.
 " Systématisation des résultats de 4000 autopsies de victimes
 d'accidents du trafic - Analyse des causes de mort et des
 possibilités thérapeutiques ".
 Rapport IVe Congrès de médecine des accidents et du trafic
 11-15 Septembre 1972.
- 47 - O'DAY J. University of Michigan
 " Characteristics of alcohol involvement in Michigan fatalities
 1966-1969 ".
 HIT LA. Reports - Octobre 1970 - p. 4 à 10.
- 48 - O'DAY J. ; HUELKE D.F. ; DARBY R. ; CAROLL P.
 " Accident data collision and analysis "
 Highway Safety Research Institute - p. 15 à 20 ; 59 à 60
 Research Program.
- 49 - O.N.S.E.R.
 " Etude clinique des accidents de la circulation "
 Documents - Novembre 1969 - n° 3 -

- 50 - OLIN C.
" Traumatic rupture of the diaphragm "
Acta Chirurgica Scandinavia - 1975 - 141 - p. 282 à 284.
- 51 - PATRICK L.M. ; MERTZ H.J. ; KROELL C.K.
" Cadaver knee, chest and head impact loads "
Communication présentée à la 11e Stapp Car Crash Conference -
1967 - p. 106 à 117 - 670913.
- 52 - PATRICK L.M. ; VAN KIRK
" Correlation of accidents and laboratory impacts to energy
absorbing steering assemblies ".
SAE. 13-17 Janvier 1969 - p. 1 à 16.
- 53 - PLAGNOL Ph. ; MASSON B. ; MAMERE L.
" Traumatismes du rein et accidents de la route ".
Annales de médecine du trafic - 2ème trimestre 1975 - n° 6.
- 54 - PERRY S.F. ; Mc CLELLAN R.J.
" Autopsy findings in 127 patients following fatals accidents ".
Surgery Gynec. Obstetrics - Septembre 1964 - p. 586 à 590.
- 55 - RAMET M. ; VITANI Ch. ; DO JP. ; CESARI D. ; DAVID JJ.
" Recherche médico-légale a propos de 78 accidents mortels
de la circulation ".
Médecine Légale et dommage corporel - Oct.Nov.Déc. 1974 tome 7
- 56 - RYAN G.A. ; MACKAY G.M.
" Comparisons of car crashes in tree countries ".
13th Stapp Car Crash Conference - 2-4 Décembre 1969 - BOSTON.
- 57 - RITTENHOUSE E.A. ; DILLARD D.H. ; WINTERSCHIELD L.C. ;
MERINDINO K.A.
" Traumatic rupture of the thoracic Aorta : a review of the
littérature and a report of five cases with attention to
special problems in early surgical management ".
Annals of Surgery - Juillet 1969 - Vol. 170 - n° 1 - p. 87
à 100.

- 58 - STATES J.D.
 " The abbreviated and the comprehensive research injury scales
 Chairman Ad'Hoc Injury scaling committee
 University of Rochester school of medicine and dentistry
 690810.
- 59 - SOYER R. ; PIWNICA A. ; BLONDEAU Ph. and coll.
 " Lésions traumatiques de l'aorte ".
 Annales Chirurgicales thoraciques, cardio-vasculaires. 1974 -
 pp. 327-333.
- 60 - SNYDER R.G.
 " Human Impact Tolerance ".
 Communication présentée à la FISITA - Bruxelles 1970 -
 p. 712 à 743 - 700398.
- 61 - SIEGEL A.W.
 " L'indice de déformation des véhicules - un rapport du Comité
 Ad'Hoc International pour les indices de déformation par
 collision et des traumatismes.
 CIDITVA - 40 - 12.69.
 Université - Californie - Los Angelès.
- 62 - SEVITT S.
 " Death after road traffic accidents "
 Medicine, Science and Law - London - Octobre 1968 -
 Vol. 8 n° 4 - p. 271 à 287.
- 63 - SAMUEL E. Royal Infirmary Edinburgh.
 " Deceleration Injuries of Heart and Lung ".
 Postgraduate Medical Journal - Décembre 1963 - n° 39 -
 p. 695 à 704.
- 64 - VIGNON G.
 " Les traumatismes cervicaux des accidents d'automobiles ".
 Revue du Praticien - 21.5.1968 - Tome XVIII - n° 12 -
 p. 1821 à 1831.
- 65 - TSOUKAS S. ; KEMPF I.
 " Les accidents de la route dans la région de Strasbourg ".
 Editeur : ONSER.

- 66 - WILSON R.A. , GANNON R.R.
" Rollover testing "
SAE. Report n° 720495 - 22-26 Mai 1972.
- 67 - WOODWARD F.D.
" General medical aspects of automobile crash injuries and deaths ".
J.A.M.A. 26 Janvier - Vol. 163 n° 4 - p. 223 à 227.
- 68 - YOUNG M.F.
" Medical approach to intensive investigation of motor vehicle traffic accidents ".
Traffic Institute - Northwestern University - Novembre 1958.

Le Président de la Thèse

Pr. Louis ROCHE

Le Directeur de l'U.E.R. LYON-NORD

Pr. JP. GARIN

VU et PERMIS D'IMPRIMER

LYON, le 27 Avril 1976

Le Président de l'Université

CLAUDE BERNARD

Professeur D. GERMAIN

